Tabla de Contenidos

Este índice utiliza enlaces dentro del mismo documento y no necesita numeración de página. Hacé clic en cada subtítulo para moverte a la sección del texto.

Traducción de
EULALIA PEREZ SEDEÑO
y
PILAR LÓPEZ MAÑEZ (capitulos 9-14 de la 2. edición)

ORGULLOSAMENTE DIGITALIZADO EN XHTML Y COMPILADO EN EPUB POR
los pibes de la UBA, Buenos Aires, mayo de 2024.

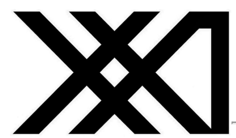
¿QUÉ ES ESA COSA LLAMADA CIENCIA?

Una valoración de la naturaleza y el estatuto de la ciencia y sus métodos

por

ALAN F. CHALMERS





siglo veintiuno editores, s.a. de c.v.
CERRO DEL AGUA 248. DELEGACIÓN COYOACÁN, 04310 MÉXICO, DF

siglo veintiuno de españa editores, s.a.
CALLE PLAZA 5. 28043 MADRID. ESPAÑA

siglo veintiuno argentina editores

siglo veintiuno editores de colombia, s.a.
CALLE 55 NÚM. 16-44, BOGOTÁ, DE., COLOMBIA

primera edición en español, 1982
segunda edición en español, revisada y ampliada, 1984

decimoprimera edición en español, 1990

isbn 968-23-1516-6

primera edición en inglés, 1976
segunda edición en inglés, corregida y aumentada, 1982

titulo original: what is this thing called science?

1. EL INDUCTIVISMO: LA CIENCIA COMO CONOCIMIENTO DERIVADO DE LOS HECHOS DE LA EXPERIENCIA

I. UNA OPINIÓN DE SENTIDO COMÚN AMPLIAMENTE COMPARTIDA SOBRE LA CIENCIA

El conocimiento científico es conocimiento probado. Las teorías científicas se derivan, de algún modo riguroso, de los hechos de la experiencia adquiridos mediante la observación y la experimentación. La ciencia se basa en lo que podemos ver, oír, tocar, etc. Las opiniones y preferencias personales y las imaginaciones especulativas no tienen cabida en la ciencia. La ciencia es objetiva. El conocimiento científico es conocimiento fiable porque es conocimiento objetivamente probado.

Sugiero que enunciados de este tipo resumen lo que en la época moderna es una opinión popular sobre lo que es el conocimiento científico. Esta opinión se hizo popular durante y como consecuencia de la revolución científica que tuvo lugar fundamentalmente en el siglo XVII y que fue llevada a cabo por pioneros de la ciencia tan grandes como Galileo y Newton. El filósofo Francis Bacon y muchos de sus contemporáneos resumían la actitud científica de la época cuando insistían en que si queremos entender la naturaleza debemos consultar la naturaleza y no los escritos de Aristóteles. Las fuerzas progresistas del siglo XVII llegaron a considerar errónea la preocupación de los filósofos de la naturaleza medievales por las obras de los antiguos, en especial de Aristóteles, y también por la Biblia, como fuentes del conocimiento científico. Estimulados por los éxitos de «grandes experimentadores» como Galileo, consideraron cada vez más la experiencia como la fuente del conocimiento. Desde entonces ha aumentado continuamente esta valoración gracias a los logros espectaculares de la ciencia experimental. «La ciencia es una estructura asentada sobre hechos, escribe J. J. Davies en su obra *On the scientific method* [1]. Y tenemos una moderna valoración del logro de Galileo debida a H. D. Anthony:

> No fue tanto las observaciones y experimentos realizados por Galileo lo que originó la ruptura con la tradición, como su actitud hacia ellos. Para él, los hechos extraídos de ellos habían de ser tratados como hechos y no relacionados con una idea preconcebida... Los hechos de la observación podían encajar o no en un esquema admitido del universo, pero lo importante, en opinión de Galileo, era aceptar los hechos y construir una teoría que concordara con ellos [2].

La concepción *inductivista ingenua* de la ciencia, que esbozaré en las siguientes secciones, puede ser considerada como un intento de formalizar esta imagen popular de la ciencia. La he denominado *inductivista* porque se basa en un razonamiento inductivo, como explicaré brevemente. En los últimos capítulos, argumentaré que esta concepción de la ciencia, como la concepción popular a la que se asemeja, está completamente equivocada e incluso es peligrosamente engañosa. Espero que para entonces resulte evidente que el adjetivo «ingenuo» es el adecuado para describir a muchos inductivistas.

[1] J. J. Davies, On the scientific method, Londres, Longman, 1968, página 8,
[2] H. D. Anthony, Science and its background, Londres, Macmillan, 1948, p. 145.

II. EL INDUCTIVISMO INGENUO

Según el inductivista ingenuo, la ciencia comienza con la observación. El observador científico debe tener órganos sensoriales normales, no disminuidos, y debe registrar de un modo fidedigno lo que pueda ver, oír, etc., que venga al caso de la situación que esté observando y debe hacerlo con una mente libre de prejuicios. Se pueden establecer o justificar directamente como verdaderos los enunciados hechos acerca del estado del mundo o de una parte de él por un observador libre de prejuicios mediante la utilización de sus sentidos. Los enunciados a los que se llega de este modo (los llamaremos enunciados observacionales) forman, pues, la base de la que se derivan las leyes y teorías que constituyen el conocimiento científico. A continuación presentamos algunos ejemplos de enunciados observacionales no muy excitantes:

> A las doce de la noche del 1 de enero de 1975, Marte aparecía en tal y tal posición en el cielo.
>
> Ese palo, sumergido parcialmente en el agua, parece que está doblado.
>
> El señor Smith golpeó a su mujer.
>
> El papel de tornasol se vuelve rojo al ser sumergido en el líquido.

La verdad de estos enunciados se ha de establecer mediante una cuidadosa observación. Cualquier observador puede establecer o comprobar su verdad utilizando directamente sus sentidos. Los observadores pueden ver por sí mismos.

Los enunciados del tipo citado anteriormente pertenecen al conjunto de los denominados *enunciados singulares*. Los enunciados singulares, a diferencia de un segundo grupo de enunciados que veremos en breve, se refieren a un determinado acontecimiento o estado de cosas en un determinado lugar y en un momento determinado. El primer enunciado se refiere a una determinada aparición de Marte en un determinado lugar del cielo en un momento especificado, el segundo a una determinada observación de un determinado palo, etc. Es evidente que todos los enunciados observacionales serán enunciados singulares. Proceden de la utilización que hace el observador de sus sentidos en un lugar y un momento determinados.

A continuación veremos algunos ejemplos simples que podrían formar parte del conocimiento científico.

> *De la astronomía:*
> Los planetas se mueven en elipses alrededor de su sol.
>
> *De la física:*
> Cuando un rayo de luz pasa de un medio a otro cambia de dirección de tal manera que el seno del ángulo de incidencia dividido por el seno del ángulo de refracción es una característica constante de los dos medios.
>
> *De la psicología:*
> Los animales en general poseen una necesidad inherente de algún tipo de descarga agresiva.
>
> *De la química:*
> Los ácidos vuelven rojo el papel de tornasol.

Estos son enunciados generales que expresan afirmaciones acerca de las propiedades o el comportamiento de algún aspecto del universo. A diferencia de los enunciados singulares, se refieren a *todos* los acontecimientos de un determinado tipo en todos los lugares y en todos los tiempos. Todos los planetas, estén donde estén situados, se mueven siempre en elipses alrededor de su sol. Siempre que se produce una refracción lo hace según la ley de refracción enunciada anteriormente. Todas las leyes y teorías que constituyen el conocimiento científico son afirmaciones generales de esa clase y a tales enunciados se les denomina *enunciados universales.*

Ahora se puede plantear la siguiente cuestión. Si la ciencia se basa en la experiencia, entonces ¿por qué medios se pueden obtener de los enunciados singulares, que resultan de la observación, los enunciados generales que constituyen el conocimiento científico? ¿Cómo se pueden justificar las afirmaciones generales y no restringidas que constituyen nuestras teorías, basándose en la limitada evidencia constituida por un número limitado de enunciados observacionales?

La respuesta inductivista es que, suponiendo que se den ciertas condiciones, es lícito *generalizar*, a partir de una lista finita de enunciados observacionales singulares, una ley universal. Por ejemplo, podría ser lícito generalizar, a partir de una lista finita de enunciados observacionales referentes al papel de tornasol que se vuelve rojo al ser sumergido en ácido, esta ley universal: «los ácidos vuelven rojo el papel de tornasol», o generalizar, a partir de una lista de observaciones referentes a metales calentados, la ley: los metales se dilatan al ser calentados». Las condiciones que deben satisfacer esas generalizaciones para que el inductivista las considere lícitas se pueden enumerar así:

1. El número de enunciados observacionales que constituyan la base de una generalización debe ser grande.

2. Las observaciones se deben repetir en una amplia variedad de condiciones.

3. Ningún enunciado observacional aceptado debe entrar en contradicción con la ley universal derivada.

La condición 1 se considera necesaria, porque evidentemente no es lícito concluir que todos los metales se dilatan al ser calentados basándose en una sola observación de la dilatación de una barra de metal, por ejemplo, de la misma manera que no es lícito concluir que todos los australianos son unos borrachos basándose en la observación de un australiano embriagado. Serán necesarias una gran cantidad de observaciones antes de que se pueda justificar cualquier generalización. El inductivista insiste en que no debemos sacar conclusiones precipitadas.

Un modo de aumentar el número de observaciones en los ejemplos mencionados sería calentar repetidas veces una misma barra de metal u observar de modo continuado a un australiano que se emborracha noche tras noche, y quizás día tras día. Evidentemente, una lista de enunciados observacionales obtenidos de ese modo formarían una base muy insatisfactoria para las respectivas generalizaciones. Por eso es necesaria la condición 2. «Todos los metales se dilatan al ser calentados» sólo será una generalización lícita si las observaciones de la dilatación en las que se basa abarcan una amplia variedad de condiciones. Habría que calentar diversos tipos de metales, barras de hierro largas, barras de hierro cortas, barras de plata, barras de cobre, etc., a alta y baja presión, a altas y bajas temperaturas, etc. Si en todas las ocasiones todas las muestras de metal calentadas se dilatan, entonces y sólo entonces es lícito generalizar a partir de la lista resultante de enunciados observacionales la ley general. Además, resulta evidente que si se observa que una determinada muestra de metal no se dilata al ser calentada, entonces no estará justificada la generalización universal. La condición 3 es esencial.

El tipo de razonamiento analizado, que nos lleva de una lista finita de enunciados singulares a la justificación de un enunciado universal, que nos lleva de la parte al todo, se denomina razonamiento *inductivo* y el proceso se denomina inducción. Podríamos resumir la postura inductivista ingenua diciendo que, según ella, la ciencia se basa en el *principio de inducción*, que podemos expresar así:

Si en una amplia variedad de condiciones se observa una gran cantidad de A y si todos los A observados poseen sin excepción la propiedad B, entonces todos los A tienen la propiedad B.

Así pues, según el inductivista ingenuo el conjunto del conocimiento científico se construye mediante la inducción a partir de la base segura que proporciona la observación.

A medida que aumenta el número de hechos establecidos mediante la observación y la experimentación y que se hacen más refinados y esotéricos los hechos debido a las mejoras conseguidas en las técnicas experimentales y observacionales, más son las leyes y teorías, cada vez de mayor generalidad y alcance, que se construyen mediante un cuidadoso razonamiento inductivo. El crecimiento de la ciencia es continuo, siempre hacia adelante y en ascenso, a medida que aumenta el fondo de datos observacionales.

Hasta ahora, el análisis sólo constituye una explicación parcial de la ciencia, ya que, con seguridad, una característica importante de la ciencia es su capacidad para *explicar y predecir*. El conocimiento científico es lo que permite al astrónomo predecir cuándo se producirá el próximo eclipse solar o al físico explicar por qué el punto de ebullición del agua es inferior al normal en altitudes elevadas. La figura 1 representa, de forma esquemática, un resumen de toda la historia inductivista de la ciencia. El lado izquierdo de la figura se refiere a la derivación de leyes y teorías científicas a partir de la observación que ya hemos analizado.

Queda por analizar el lado derecho. Antes de hacerlo, hablaremos un poco del carácter de la lógica y del razonamiento deductivo.

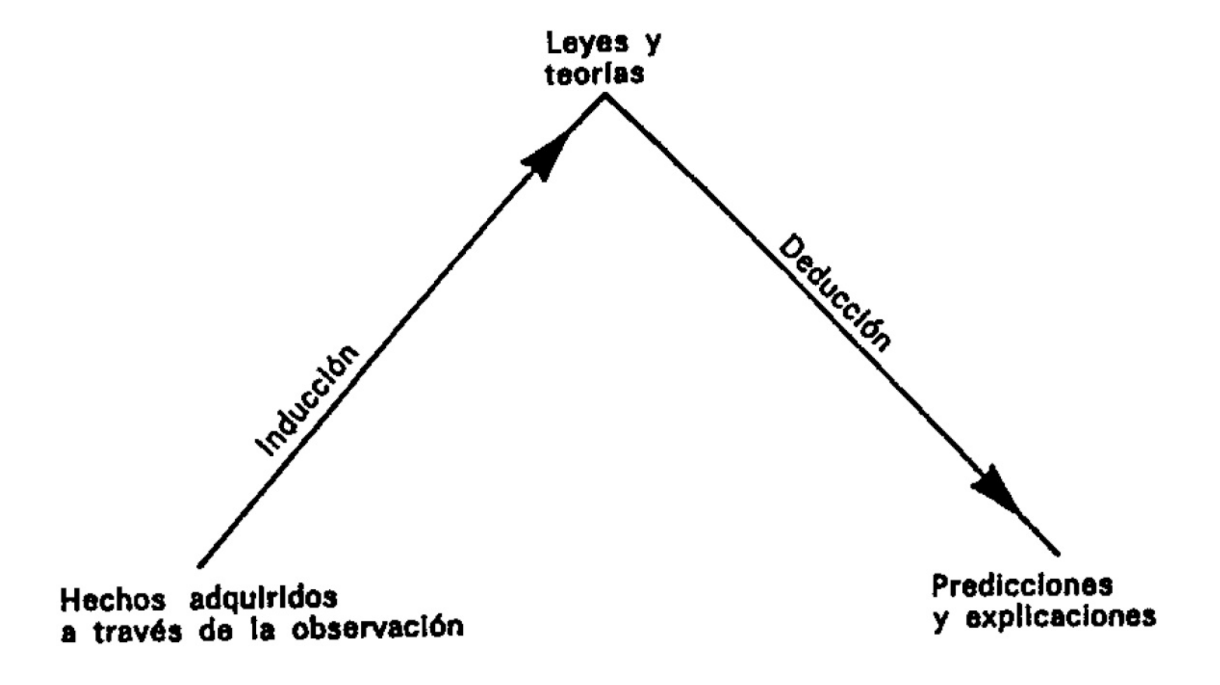


Figura 1

III. LOGICA Y RAZONAMIENTO DEDUCTIVO

Una vez que un científico tiene a su disposición leyes y teorías universales puede extraer de ellas diversas consecuencias que le sirven como explicaciones y predicciones.

Por ejemplo, dado el hecho de que los metales se dilatan al ser calentados es posible derivar el hecho de que los railes de ferrocarril continuos, sin que existan entre ellos pequeños huecos, se distorsionarán con el calor del sol.

Al tipo de razonamiento empleado en las derivaciones de esta clase se le denomina razonamiento deductivo. La deducción es distinta de la inducción de la que ya se habló en la sección anterior.

El estudio del razonamiento deductivo constituye la disciplina de la lógica [3]. No se intentará proporcionar una explicación y valoración detalladas de la lógica en este libro. En lugar de esto, se ilustrarán algunas de las características importantes para nuestro análisis de la ciencia mediante ejemplos triviales.

He aquí un ejemplo de deducción lógica.

Ejemplo 1:

1. Todos los libros de filosofía son aburridos.
2. Este libro es un libro de filosofía.

---

3. Este libro es aburrido.

En este argumento, (1) y (2) son las premisas y (3) es la conclusión. Es evidente, creo, que si (1) y (2) son verdaderas, (3) ha de ser verdadera. No es posible que (3) sea falsa si (1) y (2) son verdaderas, ya que si (1) y (2) fueran verdaderas y (3) falsa ello supondría una contradicción. Esta es la característica clave de una deducción lógicamente válida. Si las premisas de una deducción lógicamente válida son verdaderas, entonces la conclusión debe ser verdadera.

Una ligera modificación del ejemplo anterior nos proporcionará un caso de deducción no válida.

Ejemplo 2:

1. Muchos libros de filosofía son aburridos.
2. Este libro es un libro de filosofía.

---

3. Este libro es aburrido.

En este ejemplo, (3) no se sigue necesariamente de (1) y (2). Es posible que (1) y (2) sean verdaderas y que, no obstante, (3) sea falsa. Aunque (1) y (2) sean verdaderas, puede suceder que este libro sea, sin embargo, uno de los pocos libros de filosofía que no son aburridos. Afirmar que (1) y (2) son verdaderas y que (3) es falsa no supone una contradicción. El argumento no es válido.

El lector se puede sentir ya aburrido. Las experiencias de ese tipo tienen que ver, ciertamente, con la verdad de los enunciados (1) y (3) en los ejemplos *1* y *2*. Pero una cuestión que hay que señalar aquí es que la lógica y la deducción por sí solas no pueden establecer la verdad de unos enunciados fácticos del tipo que figura en nuestros ejemplos. Lo único que la lógica puede ofrecer a este respecto es que, si las premisas son verdaderas, entonces la conclusión debe ser verdadera. Pero el hecho de que las premisas sean verdaderas o no no es una cuestión que se pueda resolver apelando a la

lógica. Una argumentación puede ser una deducción perfectamente lógica aunque conlleve una premisa que sea de hecho falsa. He aquí un ejemplo.

Ejemplo 3:

1. Todos los gatos tienen cinco patas.
2. Bugs Pussy es mi gato.

---

3. Bugs Pussy tiene cinco patas.

Esta deducción es perfectamente válida. El caso es que si (1) y (2) son verdaderas, entonces (3) debe ser verdadera. Sucede que en este ejemplo (1) y (3) son falsas, pero esto no afecta a la condición de la argumentación como deducción válida. Así pues, la lógica deductiva por sí sola no actúa como fuente de enunciados verdaderos acerca del mundo. La deducción se ocupa de la derivación de enunciados a partir de otros enunciados dados.

[3] A veces se considera que la lógica incluye el estudio del razonamiento inductivo, de manera que hay una lógica inductiva así como una lógica deductiva, En este libro se entenderá que la lógica es solamente el estudio del razonamiento deductivo.

IV. LA PREDICCION Y LA EXPLICACION EN EL INDUCTIVISMO

Ahora estamos en condiciones de comprender de una manera simple el funcionamiento de las leyes y teorías como aparatos explicatorios y predictivos en la ciencia. Una vez más comenzaré con un ejemplo trivial para ilustrar la cuestión.

Consideremos el siguiente argumento:

1. El agua completamente pura se congela a unos 0°C (si se le da tiempo suficiente).
2. El radiador de mi coche contiene agua completamente pura.

---

3. Si la temperatura baja a 0°C, el agua del radiador de mi coche se congelará (si se le da tiempo suficiente).

Aquí tenemos un ejemplo de argumentación lógica válida para deducir la predicción (3) del conocimiento científico contenido en la premisa (1). Si (1) y (2) son verdaderas, (3) debe ser verdadera. Sin embargo, la verdad de (1), (2) y (3) no se establece gracias a ésta o a otra deducción. Para un inductivista, la fuente de la verdad no es la lógica, sino la experiencia. Desde este punto de vista, (1) se determinará por observación directa del agua congelada. Una vez que se han establecido (1) y (2) mediante la observación y la inducción, se puede *deducir* de ellas la predicción (3).

Ejemplos menos triviales serán más complicados, pero los papeles que desempeñan la observación, la inducción y la deducción siguen siendo en esencia los mismos. Como ejemplo final consideraremos la explicación inductivista de cómo puede la ciencia física explicar el arco iris.

La premisa simple (1) del ejemplo anterior es reemplazada en este caso por una serie de leyes que rigen el comportamiento de la luz, a saber, las leyes de la reflexión y de la refracción de la luz y afirmaciones acerca de la medida en que el grado de refracción depende del color. Estos principios generales se derivan de la experiencia por inducción.

Se efectúan una gran cantidad de experimentos de laboratorio, reflejando rayos de luz de espejos y superficies de agua, midiendo los ángulos de incidencia y refracción de los rayos de luz que pasan del aire al agua, del agua al aire, etc., en una gran variedad de condiciones, repitiendo los experimentos con luz de varios colores, etc., hasta que se dan las condiciones necesarias para considerar lícita la generalización inductiva de las leyes de la óptica.

También se reemplazará la premisa (2) del ejemplo anterior por una serie más compleja de enunciados. Dichos enunciados incluirán afirmaciones en el sentido de que el sol está situado en una posición determinada en el cielo con respecto a un observador en la tierra, y que caen gotas de lluvia procedentes de una nube situada en una región determinada con relación al observador. Nos referiremos a estos conjuntos de enunciados, que describen los detalles de la situación que se está investigando, como las condiciones iniciales. Las descripciones de las situaciones experimentales serán ejemplos típicos de condiciones iniciales.

Dadas las leyes de la óptica y las condiciones iniciales, es posible entonces efectuar deducciones que proporcionen una explicación de la formación de un arco iris visible para el observador. Estas deducciones ya no serán tan evidentes como en nuestros ejemplos anteriores y supondrán tanto argumentaciones matemáticas como verbales. La argumentación será más o menos la siguiente. Si suponemos que una gota de lluvia es más o menos esférica, entonces el trayecto de un rayo de luz a través de una gota de agua será más o menos el dibujado en la figura 2. Si un rayo de luz blanca incide en una gota de lluvia en a, entonces, si la ley de la refracción es verdadera, el rayo rojo viajará a lo largo de la línea ab y el rayo azul a lo largo de ab'. Una vez más, si las leyes que rigen la reflexión son verdaderas, entonces ab debe reflejarse a lo largo de bc y ab' a lo largo de b'c'. De nuevo la refracción en c y c' se determinará mediante la ley de la refracción, de modo que un observador que contemple la gota de lluvia verá los componentes rojo y azul de la luz blanca por separado (y también todos los demás colores del espectro). Nuestro observador también podrá ver la misma separación de colores en cualquier gota de lluvia que esté situada en una parte del cielo tal que la línea que una la gota de lluvia con el sol forme un ángulo D con la línea que une la gota de lluvia con el observador. Así pues, las consideraciones geométricas proporcionan la conclusión de que el observador podrá ver un arco coloreado, siempre que la nube de lluvia esté suficientemente extendida.

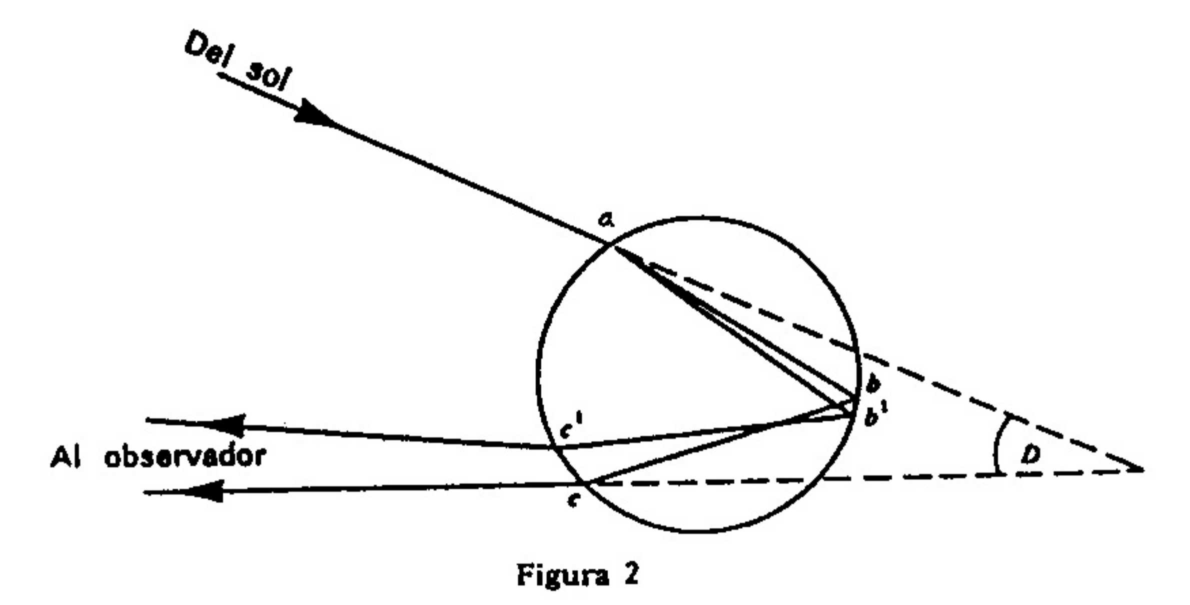


Figura 2

En esta ocasión sólo he bosquejado la explicación del arco iris, pero lo que se ofrece debe bastar para ejemplificar la forma general del razonamiento implicado. Dado que las leyes de la óptica son verdaderas (y para el inductivista ingenuo eso se puede establecer por inducción a partir de la observación) y dado que las condiciones iniciales están descritas de modo preciso, se sigue necesariamente la explicación del arco iris. Se puede resumir de la siguiente manera la forma general de todas las explicaciones y predicciones científicas:

1. Leyes y teorías
2. Condiciones iniciales

---

3. Predicciones y explicaciones

Esta es la etapa representada en el lado derecho de la figura 1.

La siguiente descripción del método científico, efectuada por un economista del siglo xx, se ajusta exactamente a la concepción inductivista ingenua de la ciencia tal y como la he descrito e indica que no es tan sólo una postura que me he inventado con el propósito de criticarla..

Si tratamos de imaginar cómo utilizaría el método científico una mente de poder y alcance sobrehumanos, pero normal por lo que se refiere a los procesos lógicos de su pensamiento... el proceso sería el siguiente: En primer lugar, se observarían y registrarían todos los hechos, sin seleccionarlos ni hacer conjeturas a priori por lo que se refiere a su importancia relativa. En segundo lugar, se analizarían, compararían y clasificarían los hechos registrados y observados, sin más hipótesis o postulados que los que necesariamente supone la lógica del pensamiento.

En tercer lugar, se harían generalizaciones inductivas referentes las relaciones clasificatorias o causales que hay entre los hechos, a partir de ese análisis de ellos. En cuarto lugar, la investigación posterior sería tanto deductiva como inductiva, utilizando inferencias realizadas a partir de generalizaciones previamente establecidas [4].

V. EL ENCANTO DEL INDUCTIVISMO INGENUO

La concepción inductivista ingenua de la ciencia tiene ciertos méritos aparentes. Su atractivo parece residir en el hecho de que proporciona una explicación formalizada de algunas de las impresiones populares sobre el carácter de la ciencia, su poder explicatorio y predictivo, su objetividad y su superior fiabilidad en comparación con otras formas de conocimiento.

Ya hemos visto cómo el inductivista ingenuo da cuenta del poder explicatorio y predictivo de la ciencia.

La objetividad de la ciencia inductivista se deriva del hecho de que tanto la observación como el razonamiento inductivo son objetivos en sí mismos. Cualquier observador que haga un uso normal de sus sentidos puede averiguar enunciados observacionales. No se permite que se inmiscuya ningún elemento personal, subjetivo. La validez de los enunciados observacionales, cuando se obtienen de manera correcta, no dependen del gusto, la opinión, las esperanzas o las expectativas del observador. Lo mismo se puede decir del razonamiento inductivo, mediante el cual se deriva el conocimiento científico a partir de los enunciados observacionales. O las inducciones satisfacen las condiciones prescritas o no las satisfacen. No es una cuestión subjetiva de opinión.

La fiabilidad de la ciencia se sigue de las afirmaciones del inductivista acerca de la observación y la inducción. Los enunciados observacionales que forman la base de la ciencia son seguros y fiables porque su verdad se puede determinar haciendo uso directo de los sentidos. Además, la fiabilidad de los enunciados observacionales se transmitirá a las leyes y teorías derivadas de ellos, siempre que se satisfagan las condiciones para una lícita inducción, lo cual queda garantizado por el principio de inducción que forma la base de la ciencia según el inductivista ingenuo.

Ya he mencionado que considero que la concepción inductivista ingenua de la ciencia está muy equivocada y es peligrosamente engañosa. En los dos próximos capítulos comenzaré a decir por qué. Sin embargo, quizás deba aclarar que la postura que he esbozado es una forma muy extrema de inductivismo. Muchísimos inductivistas sofisticados no querrían verse asociados con algunas características de mi inductivismo ingenuo. No obstante, todos los inductivistas afirmarían que, en la medida en que se pueden justificar las teorías científicas, se justifican porque se apoyan inductivamente en la base más o menos segura que proporciona la experiencia. Los capítulos siguientes de este libro nos proporcionarán una gran abundancia de razones para poner en duda esta afirmación.

[4] Esta cita, debida a A. B. Wolfe, está extraída de *Philosophy ofnatural science*, de Carl G. Hempel, Englewood Cliffs (Nueva Jersey),Prentice-Hall, 1966, p. 11 [p. 27]. Las cursivas son de la cita original.

LECTURAS COMPLEMENTARIAS

El inductivismo ingenuo que he descrito es demasiado ingenuo para que los filósofos lo traten de una manera comprensiva. Un intento clásico y complejo de sistematizar el razonamiento inductivo es *A system of logic*, de John Stewart Mill (Londres, Longman. 1961). Un resumen sencillo y excelente de las opiniones más modernas se encuentra en *The foundations of scientific inference*, de Wesley C. Salmon (Pittsburgh, Pittsburgh University Press, 1975). La medida en que los filósofos inductivistas se ocupan de la base empirica del conocimiento y de su origen en la percepción sensorial resulta muy evidente en *The foundations of empirical knowledge*, de A. J. Ayer (Londres, Macmillan,

1955). Una buena descripción y sencilla discusión de las posturas tradicionales sobre la percepción sensorial se encuentra en la obra de C. W. K. Mundle, *Perception: facts and theories* (Oxford, Oxford University Press, 1971). Como muestra de esa rama del inductivismo denominada positivismo lógico sugiero dos recopilaciones de artículos, *Logical positivism*, compilado por A. J. Ayer (Glencoe, Free Press, 1959) y *The philosophy of Rudolf Carnap*, compilado por P. A. Schilpp (La Salle, Illinois, Open Court, 1963). Hasta qué punto el programa inductivista se ha hecho sumamente técnice resulta evidente en *Logical foundations of probability*, de R. Carnap (Chicago, University of Chicago Press, 1962).

2. EL PROBLEMA DE LA INDUCCION

I. ¿SE PUEDE JUSTIFICAR EL PRINCIPIO DE INDUCCIÓN?

Según el inductivista ingenuo, la ciencia comienza con la observación; la observación proporciona una base segura sobre la que se puede construir el conocimiento científico, y el conocimiento científico se deriva, mediante la inducción, de los enunciados observacionales. En este capítulo, se criticará la concepción inductivista de la ciencia, poniendo en duda el tercero de estos supuestos. Se pondrá en duda la validez y justificabilidad del principio de inducción. Más adelante, en el capítulo 3, se recusarán y refutarán los dos primeros supuestos.

Mi versión del principio de inducción dice así: «Si en una gran variedad de condiciones se observa una gran cantidad de A y todos los A observados, sin excepción, poseen la propiedad B, entonces todos los A poseen la propiedad B». Este principio, o algo muy parecido, es el principio básico en el que se basa la ciencia, si se acepta la postura inductivista ingenua. A la vista de esto, una cuestión obvia con la que se enfrenta el inductivista es: «¿Cómo se puede justificar el principio de inducción?». Esto es, si la observación nos proporciona un conjunto seguro de enunciados observacionales como punto de partida (supuesto que tenemos que dar por sentado para el desarrollo de la argumentación de este capítulo), ¿por qué el razonamiento *inductivo* conduce al conocimiento científico fiable e incluso verdadero? Al inductivista se le abren dos vías de acercamiento al problema para intentar responder a esta cuestión. Podría tratar de justificar el principio apelando a la lógica, recurso que admitimos francamente, o podría intentar justificar el principio apelando a la experiencia, recurso que yace en la base de toda su concepción científica. Examinemos sucesivamente estas dos posibilidades.

Las argumentaciones lógicas válidas se caracterizan por el hecho de que, si la premisa de la argumentación es verdadera, entonces la conclusión debe ser verdadera. Las argumentaciones deductivas poseen ese carácter. El principio de inducción estaría de seguro justificado si las argumentaciones inductivas también lo poseyeran, pero no es así. Las argumentaciones inductivas no son argumentaciones lógicamente válidas. No se da el caso de que, si las premisas de una inferencia inductiva son verdaderas, entonces la conclusión deba ser verdadera. Es posible que la conclusión de una argumentación inductiva sea falsa y que sus premisas sean verdaderas sin que ello suponga una contradicción. Supongamos, por ejemplo, que hasta la fecha haya observado una gran cantidad de cuervos en una amplia variedad de circunstancias y que haya observado que todos ellos han sido negros y, basándome en eso, concluyo: «Todos los cuervos son negros». Esta es una inferencia inductiva perfectamente lícita. Las premisas de esta inferencia son un gran número de enunciados del tipo: «Se observó que el cuervo *x* era negro en el momento *t*» y consideramos que todos eran verdaderos.

Pero no hay ninguna garantía lógica de que el siguiente cuervo que observe no sea rosa. Si éste fuera el caso, entonces «Todos los cuervos son negros» sería falso. Esto es, la inferencia inductiva inicial, que era lícita en la medida en que satisfacía los criterios especificados por el principio de inducción, habría llevado a una conclusión falsa, a pesar de que todas las premisas de la inferencia fueran verdaderas. No supone ninguna contradicción lógica afirmar que todos los cuervos observados han resultado ser negros y también que no todos los cuervos son negros. La inducción no se puede justificar sobre bases estrictamente lógicas.

Un ejemplo de la cuestión, más interesante aunque bastante truculento, lo constituye la explicación de la historia del pavo inductivista por Bertrand Russell. Este pavo descubrió que, en su primera mañana en la granja avícola, comía a las 9 de la mañana.

Sin embargo, siendo como era un buen inductivista, no sacó conclusiones precipitadas. Esperó hasta que recogió una gran cantidad de observaciones del hecho de que comía a las 9 de la mañana e hizo estas observaciones en una gran variedad de circunstancias, en miércoles y en jueves, en días fríos y calurosos, en días lluviosos y en días soleados. Cada día añadía un nuevo enunciado observacional a su lista. Por último, su conciencia inductivista se sintió satisfecha y efectuó una inferencia inductiva para concluir: «Siempre como a las 9 de la mañana. Pero, ¡ay! se demostró de manera indudable que esta conclusión era falsa cuando, la víspera de Navidad, en vez de darle la comida, le cortaron el cuello. Una inferencia inductiva con premisas verdaderas ha llevado a una conclusión falsa.

El principio de inducción no se puede justificar simplemente apelando a la lógica. Dado este resultado, parecería que el inductivista, según su propio punto de vista, está ahora obligado a indicar cómo se puede derivar de la experiencia el principio de inducción. ¿Cómo sería una derivación semejante? Probablemente, sería algo así. Se ha observado que la inducción funciona en un gran número de ocasiones. Por ejemplo, las leyes de la óptica, derivadas por inducción de los resultados de los experimentos de laboratorio, se han utilizado en numerosas ocasiones para diseñar Instrumentos ópticos y estos instrumentos han funcionado de modo satisfactorio. Asimismo, las leyes del movimiento planetario, derivadas de observaciones de las posiciones de los planetas, etc., se han empleado con éxito para predecir eclipses.

Se podría ampliar esta lista con informes de explicaciones y predicciones posibilitadas por leyes y teorías científicas derivadas inductivamente. De este modo, se justifica el principio de inducción.

La anterior justificación de la inducción es completamente inaceptable, como ya demostrara David Hume a mediados del siglo XVIII. La argumentación que pretende justificar la inducción es circular ya que emplea el mismo tipo de argumentación inductiva cuya validez se supone que necesita justificación. La forma de la argumentación justificatoria es la siguiente:

El principio de inducción funcionó con éxito en la ocasión x_1.

El principio de inducción funcionó con éxito en la ocasión x_2, etcétera.

El principio de inducción funciona siempre.

Aquí se infiere un enunciado universal que afirma la validez del principio de inducción a partir de cierta cantidad de enunciados singulares que registran aplicaciones con éxito del principio en el pasado. Por lo tanto, la argumentación es inductiva y, no se puede, pues, utilizar para justificar el principio de inducción. No podemos utilizar la inducción para justificar la inducción Esta dificultad, que va unida a la justificación de la inducción, ha sido denominada tradicionalmente el problema de la inducción».

Parece, pues, que el inductivista ingenuo impenitente tiene problemas. La exigencia extrema de que todo conocimiento se derive de la experiencia mediante reglas de inducción excluye el principio de inducción, básico para la postura inductivista.

Además de la circularidad que conllevan los intentos de justificar el principio de inducción, el principio, tal y como lo he establecido, adolece de otras desventajas. Estas desventajas proceden de la vaguedad y equivocidad de la exigencia de que se realice un «gran numero» de observaciones en una «amplia variedad» de circunstancias.

¿Cuántas observaciones constituyen un gran número? ¿Cuántas veces hay que calentar una barra de metal, diez veces, cien veces, antes de que podamos concluir que siempre

se dilata al ser calentada? Sea cual fuere la respuesta a esta cuestión, se pueden presentar ejemplos que hagan dudar de la invariable necesidad de un gran número de observaciones. Para ilustrar esta cuestión, me referiré a la fuerte reacción pública en contra de la guerra nuclear que siguió al lanzamiento de la primera bomba atómica en Hiroshima al final de la segunda guerra mundial. Esta reacción se basaba en la constatación de que las bombas atómicas originan destrucción y muerte por doquier y un enorme sufrimiento humano. Y, no obstante, esta creencia generalizada se basaba en una sola y dramática observación. Del mismo modo, un inductivista muy terco tendría que poner su mano en el fuego muchas veces antes de concluir que el fuego quema. En circunstancias como éstas, la exigencia de un gran número de observaciones parece inapropiada. En otras situaciones, la exigencia parece más plausible. Por ejemplo, estaríamos justificadamente, poco dispuestos a atribuir poderes sobrenaturales a un adivino basándonos en una sola predicción correcta. Y tampoco sería justificable concluir una conexión causal entre fumar y el cáncer de pulmón basándonos en la evidencia de un solo fumador empedernido que contraiga la enfermedad. Creo que está claro en estos ejemplos que si el principio de inducción ha de ser una guía de lo que se considere una lícita inferencia científica, entonces hay que matizar con cierto cuidado la cláusula del «gran número».

Además, la postura inductivista ingenua se ve amenazada cuando se examina en detalle la exigencia de que se efectúen las observaciones en una amplia variedad de circunstancias. ¿Qué se ha de considerar como variación significativa en las circunstancias? Por ejemplo, cuando se investiga el punto de ebullición del agua es necesario variar la presión, la pureza del agua, el método de calentamiento y el momento del día? La respuesta a las dos primeras sugerencias es así» y a las dos segundas «no». Pero, ¿en qué nos basamos para dar estas respuestas? Esta cuestión es importante porque la lista de variaciones se puede extender indefinidamente añadiendo una variedad de variaciones adicionales tales como el color del recipiente, la identidad del experimentador, la situación geográfica, etc. A menos que se puedan eliminar esas variaciones «superfluas», el número de variaciones necesarias para hacer una lícita inferencia inductiva será infinitamente grande. ¿Sobre qué base, pues, se considera superflua una gran cantidad de variaciones? Creo que la respuesta está bastante clara. Las variaciones que son significativas se distinguen de las que son superfluas apelando a nuestro *conocimiento teórico de la situación* y de los tipos de mecanismos físicos operativos. Pero admitir esto es admitir que la teoría desempeña un papel vital *antes* de la observación.

El inductivista ingenuo no puede admitir eso. Sin embargo, insistir en este punto conduciría a las críticas del inductivismo que he reservado para el siguiente capítulo. Simplemente observaré ahora que la cláusula de la «amplia variedad de circunstancias» en el principio de inducción plantea al inductivista serios problemas.

II. LA RETIRADA A LA PROBABILIDAD

Hay una manera muy evidente de moderar la postura extrema del inductivismo ingenuo criticada en la sección anterior en un intento de contrarrestar algunas críticas. Una argumentación que defendiera una postura más moderada podría ser la siguiente.

No podemos estar ciento por ciento seguros de que sólo porque hayamos observado en muchas ocasiones que el sol sale cada día, el sol saldrá todos los días. (De hecho en el Artico y en el Antártico hay días en que el sol no sale.) No podemos estar ciento por ciento seguros de que la siguiente piedra que arrojemos no «caerá hacia arriba. Sin embargo, aunque no se puede garantizar que las generalizaciones a las que se ha llegado mediante inducciones lícitas sean perfectamente verdaderas, son *probablemente verdaderas*. A la luz de las pruebas, es muy probable que el sol siempre salga en Sidney y que las piedras caigan hacia abajo al ser arrojadas. El conocimiento

científico no es conocimiento probado, pero representa un conocimiento que es probablemente verdadero. Cuanto mayor sea el número de observaciones que formen la base de una inducción y cuanto mayor sea la variedad de condiciones en las cuales se hayan realizado estas observaciones, mayor será la probabilidad de que las generalizaciones resultantes sean verdaderas.

Si se adopta esta versión modificada de la inducción, entonces se reemplazará el principio de inducción por una versión probabilista que dirá más o menos lo siguiente: «Si en una amplia variedad de condiciones se ha observado un gran número de A y si todos estos A observados poseen sin excepción la propiedad B, entonces probablemente todos los A poseen la propiedad B». Esta reformulación no supera el problema de la inducción. El principio reformulado sigue siendo un enunciado universal. Basándose en un número finito de éxitos, implica que todas las aplicaciones del principio conducirán a conclusiones generales que son probablemente verdaderas. Los intentos de justificar la versión probabilista del principio de inducción apelando a la experiencia han de adolecer de la misma deficiencia que los intentos de justificar el principio en su forma original. La justificación utilizará una argumentación del tipo que se considera necesitado de justificación.

Aunque el principio de inducción en su versión probabilista se pueda justificar, existen problemas adicionales con los que se enfrenta nuestro más precavido inductivista. Los problemas adicionales están relacionados con las dificultades que se encuentran cuando se trata de precisar exactamente la probabilidad de una ley o teoría a la luz de unas pruebas especificadas. Puede parecer intuitivamente plausible que, a medida que aumenta el apoyo observacional que recibe una ley universal, aumente también la probabilidad de que sea verdadera. Pero esta intuición no resiste un examen. Según la teoría oficial de la probabilidad, es muy difícil dar una explicación de la inducción que evite la consecuencia de que la probabilidad de cualquier enunciado universal que afirme algo sobre el mundo sea cero, sea cual fuere la evidencia observacional. Para decirlo de una manera no técnica, cualquier evidencia observacional constará de un número finito de enunciados observacionales, mientras que un enunciado universal hace afirmaciones acerca de un número infinito de posibles situaciones. La probabilidad de que sea cierta la generalización universal es, por tanto, un número finito dividido por un número infinito, lo cual sigue siendo cero por mucho que aumente el número finito de enunciados observacionales que constituyan la evidencia,

Este problema, junto con los intentos de atribuir probabilidades a las teorías y leyes científicas a la luz de la evidencia dada, ha dado origen a un detallado programa técnico de investigación que en las últimas décadas han seguido y desarrollado tenazmente los inductivistas. Se han construido lenguajes artificiales en los que es posible atribuir probabilidades únicas, no iguales a cero, a ciertas generalizaciones pero estos lenguajes son tan limitados que no contienen generalizaciones universales. Están lejos del lenguaje de la ciencia.

Otro intento de salvar el programa inductivista supone renunciar a la idea de atribuir probabilidades a las teorías y leyes científicas. En lugar de esto, se llama la atención sobre la probabilidad de que sean correctas las predicciones individuales. Según este enfoque, el objeto de la ciencia es, por ejemplo, estimar la probabilidad de que el sol salga mañana en vez de la probabilidad de que salga siempre. Se espera que la ciencia sea capaz de proporcionar la garantía de que un puente de cierto diseño resista diversas tensiones y no se hunda, pero no de que todos los puentes de ese diseño sean satisfactorios. Se han desarrollado algunos sistemas en ese sentido que permiten que se atribuya probabilidades no iguales a cero a predicciones individuales. Se mencionarán a continuación dos de las críticas que se les hacen. En primer lugar, la idea de que la ciencia se ocupa de la producción de un conjunto de predicciones individuales y no de la producción de conocimiento en forma de complejo de enunciados generales es, por lo menos, anti-intuitiva. En segundo lugar, aunque se limite la atención a las predicciones individuales, se puede argumentar que las teorías científicas, y por tanto los enunciados universales, están inevitablemente implícitas en la estimación de la probabilidad de que tenga éxito una predicción. Por ejemplo, en un sentido intuitivo, no técnico, de «probable» podemos estar dispuestos a afirmar que es hasta cierto punto probable que

un fumador empedernido muera de cáncer de pulmón.

La evidencia que apoye la afirmación estará presumiblemente constituida por los datos estadísticos disponibles. Pero esta probabilidad intuitiva aumentará de modo significativo si se dispone de una teoría plausible y bien fundada que implique alguna conexión causal entre fumar y el cáncer de pulmón. De modo similar, aumentarán las estimaciones de la probabilidad de que el sol salga mañana una vez que se tenga en cuenta el conocimiento de las leyes que rigen el comportamiento del sistema solar. Pero el hecho de que la probabilidad de la corrección de las predicciones dependa de las teorías y leyes universales socava el intento inductivista de atribuir. probabilidades no iguales a cero a las predicciones individuales. Una vez que se encuentran implícitos de un modo significativo enunciados universales, las probabilidades de la corrección de las predicciones individuales amenazan de nuevo con ser iguales a cero.

III. POSIBLES RESPUESTAS AL PROBLEMA DE LA INDUCCION

Enfrentados al problema de la inducción y a las cuestiones conexas, los inductivistas han tropezado con dificultad tras dificultad al intentar construir la ciencia como un conjunto de enunciados que se pueden establecer como verdaderos o como probablemente verdaderos a partir de una evidencia dada. Cada maniobra efectuada para cubrir la retaguardia les ha llevado más lejos de nociones intuitivas acerca de esa excitante empresa denominada ciencia. Su programa técnico ha conducido a adelantos interesantes dentro de la teoría de la probabilidad, pero no ha proporcionado nuevas ideas acerca de la naturaleza de la ciencia. Su programa ha degenerado.

Hay un cierto número de posibles respuestas al problema de la inducción. Una de ellas es la del escéptico. Podemos aceptar que la ciencia se basa en la inducción y la demostración que hizo Hume de que no se puede justificar la inducción apelando a la lógica o a la experiencia, y concluir que la ciencia no se puede justificar de un modo racional. El propio Hume adoptó una postura de este tipo. Mantuvo que nuestras creencias en las leyes y teorías no son más que hábitos psicológicos que adquirimos como resultado de las repeticiones de las observaciones relevantes.

Una segunda respuesta consiste en atenuar la exigencia inductivista de que todo el conocimiento no lógico se tenga que derivar de la experiencia y argumentar en favor del principio de inducción basándose en alguna otra razón. Sin embargo, considerar que el principio de inducción, o algo parecido, es evidente no es aceptable. Lo que consideramos evidente depende y tiene demasiado que ver con nuestra educación, nuestros prejuicios y nuestra cultura para ser una base fiable de lo que es razonable. En diversas etapas de la historia, para muchas culturas era evidente que la tierra era plana. Antes de la revolución científica de Galileo y Newton, era evidente que para que un objeto se moviese, era necesaria una fuerza o causa de algún tipo que lo moviera. Esto puede ser evidente para algunos lectores de este libro que carezcan de una formación física, y no obstante es falso. Si se ha de defender que es razonable el principio de inducción, entonces se ha de ofrecer una argumentación más sofisticada que la apelación a su evidencia.

Una tercera respuesta al problema de la inducción supone la negación de que la ciencia se base en la inducción. Se evitará el problema de la inducción si se puede establecer que la ciencia no conlleva la inducción. Esto es lo que intentan hacer los falsacionistas, y principalmente K. R. Popper. Analizaremos estos intentos en los capítulos 4, 5 y 6.

En este capítulo me he conducido de un modo demasiado parecido al de un filósofo. En el próximo capítulo pasaré a efectuar una crítica del inductivismo más interesante, más eficaz y más fructífera.

LECTURAS COMPLEMENTARIAS

La fuente histórica del problema de la inducción en Hume se encuentra en la tercera parte del *Treatise on human nature* de D. Hume (Londres, Dent, 1939). Otro análisis clásico del problema se halla en el capítulo 6 de *Problems of philosophy* de Bertrand Russell (Oxford, Oxford University Press, 1912). Un análisis y una investigación muy completos y técnicos de las consecuencias de la argumentación de Hume, realizado por un simpatizante del inductivismo, es *Probability and Hume*'*s inductive scepticism* de D. C. Stove (Oxford, Oxford University Press, 1973). La pretensión de Popper de haber resuelto el problema de la inducción se encuentra resumida en *«Conjectural knowledge: my solution to the problem of induction»*, capítulo 1 de *Objective knowledge* de K. R. Popper (Oxford, Oxford University Press, 1972). *«Popper on demarcation and induction»* de I. Lakatos, aparecido en *The philosophy of Karl R. Popper*, compilado por P. A. Schilpp (La Salle, Illinois, Open Court, 1974), pp. 241-73, es una crítica de la postura de Popper desde el punto de vista de un simpatizante del falsacionismo. Lakatos ha escrito una provocativa historia de la evolución del programa inductivista en *Changes in the problem of inductive logic*», en *The problem of inductive logic*, compilado por I. Lakatos (Amsterdam, North Holland Pub. Co., 1968), pp. 315-417. Hay críticas del inductivismo desde un punto de vista algo diferente al adoptado en este libro en la obra clásica de P. Duhem, *The aim and structure of physical theory* (Nueva York, Atheneum, 1962).

3. LA OBSERVACIÓN DEPENDE DE LA TEORÍA

Hemos visto que, según nuestro inductivista ingenuo, la observación cuidadosa y sin prejuicios proporciona una base segura a partir de la cual se puede derivar un conocimiento científico probablemente verdadero, si no verdadero. En el último capítulo se criticó esta postura señalando las dificultades implícitas en cualquier intento de justificar el razonamiento inductivo empleado en la derivación de teorías y leyes científicas a partir de la observación. Algunos ejemplos sugerían que había una base positiva para sospechar de la supuesta fiabilidad del razonamiento inductivo. No obstante, estos argumentos no constituyen una definitiva refutación del inductivismo, en especial cuando resulta que muchas teorías rivales de la ciencia se enfrentan con una dificultad similar y conexa [1]. En este capítulo se desarrolla una objeción más seria a la postura inductivista, objeción que no supone una crítica a las inducciones de las que se supone que se deriva el conocimiento científico a partir de la observación, sino a los supuestos inductivistas sobre el estatus y el papel desempeñado por la propia observación.

Hay dos supuestos importantes que conlleva el inductivismo ingenuo con respecto a la observación. Uno es que la ciencia comienza con la observación. El otro es que la observación proporciona una base segura a partir de la cual se puede derivar el conocimiento. En este capítulo criticaremos ambos supuestos de diversas maneras y los rechazaremos por varias, razones. Pero, ante todo, esbozaré una concepción de la observación de la que creo que resulta adecuado decir que en la época actual es comúnmente aceptada y que presta plausibilidad a la postura inductivista ingenua.

[1] Véase el capítulo 12, sección IV.

I. UNA CONCEPCION POPULAR DE LA OBSERVACION

En parte porque el sentido de la vista es el sentido que se usa de un modo más extenso en la práctica de la ciencia y en parte por conveniencia, restringiré mi análisis de la observación al dominio de la visión. En la mayoría de los casos no resultará difícil ver cómo se podría reformular el argumento presentado de manera que fuera aplicable a la observación mediante los otros sentidos. Una simple concepción popular de la vista podría ser la siguiente. Los seres humanos ven utilizando sus ojos. Los componentes más importantes del ojo humano son una lente y la retina, la cual actúa como pantalla en la que se forman las imágenes de los objetos externos al ojo. Los rayos de luz proceden tes de un objeto visto van del objeto a la lente a través del medio que hay entre ellos. Estos rayos son refractados por el material de la lente de tal manera que llegan a un punto de la retina, formando de este modo una imagen del objeto visto. Hasta aquí, el funcionamiento del ojo es muy parecido al de una cámara. Hay una gran diferencia, que es el modo en que se registra la imagen final. Los nervios ópticos pasan de la retina al cortex central del cerebro. Estos llevan información sobre la luz que llega a las diversas zonas de la retina. El registro de esta información por parte del cerebro humano es lo que corresponde a la visión del objeto por el observador humano. Por supuesto, se podrían añadir muchos detalles a esta sencilla descripción, pero la explicación que se acaba de ofrecer capta la idea general.

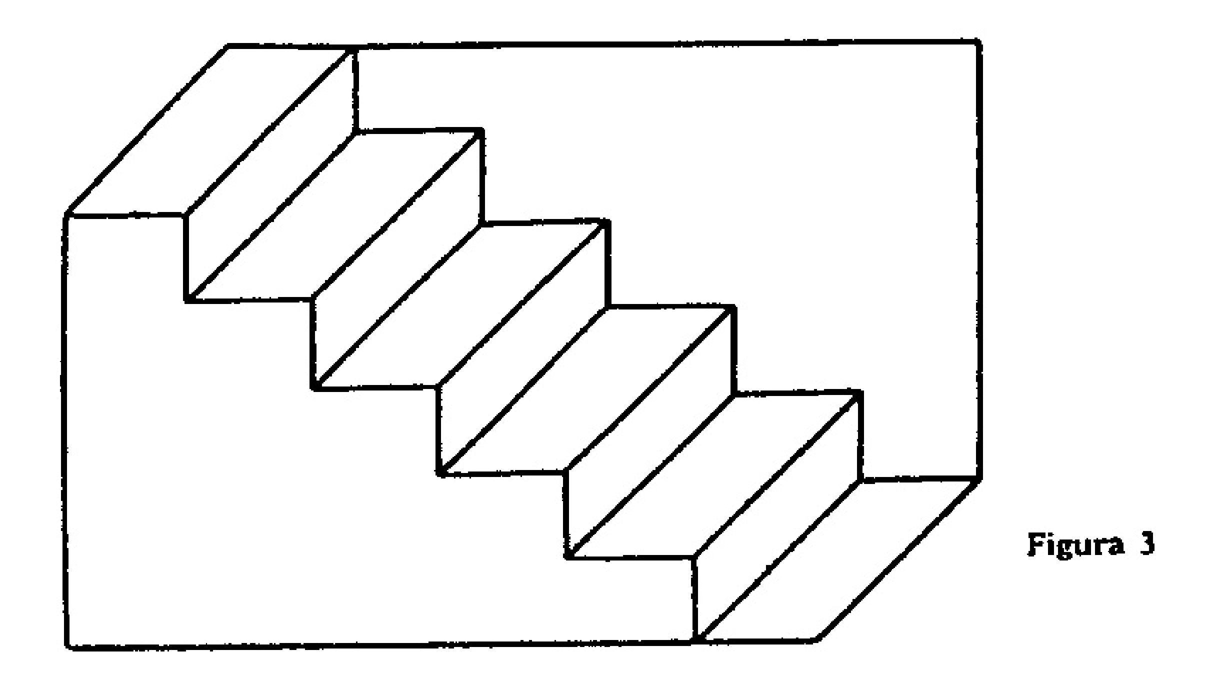
El anterior boceto de la observación mediante el sentido de la vista sugiere dos cuestiones, cuestiones que son clave para el inductivista. La primera es que un observador humano tiene acceso más o menos directo a algunas propiedades del mundo

exterior en la medida en que el cerebro registra esas propiedades en el acto de ver. La segunda es que dos observadores que vean el mismo objeto o escena desde el mismo lugar verán» lo mismo. Una combinación idéntica de rayos de luz alcanzará el ojo de cada observador, será enfocada en sus retinas normales pór sus lentes oculares normales y dará lugar a imágenes similares. Así pues, una información similar viajará al cerebro de cada observador a través de sus nervios ópticos normales, dando como resultado que los dos observadores «vean» lo mismo. En la próxima sección se atacarán muy directamente estas dos cuestiones. Las últimas secciones arrojarán nuevas dudas, más importantes, sobre la adecuación de la postura inductivista sobre la observación.

II. EXPERIENCIAS VISUALES QUE NO ESTAN DETERMINADAS POR LAS IMAGENES FORMADAS EN LA RETINA

Hay una gran cantidad de datos que indican que no se trata de que la experiencia sufrida por los observadores cuando ven un objeto esté determinada únicamente por la información, en forma de rayos de luz, que entra en los ojos del observador, ni de que esté determinada solamente por las imágenes formadas en las retinas de un observador. Dos observadores normales que vean el mismo objeto desde el mismo lugar en las mismas circunstancias físicas no tienen necesariamente idénticas experiencias visuales, aunque las imágenes que se produzcan en sus respectivas retinas sean prácticamente idénticas. Hay un sentido importante en el que no es necesario que los dos observadores «vean» lo mismo. Como dice N. R. Hanson, «hay mucho más en lo que se ve que lo que descubre el globo ocular». Algunos ejemplos sencillos ilustrarán la cuestión.

La mayoría de nosotros, cuando miramos por primera vez la figura 3, vemos el dibujo de una escalera en el que resulta visible la superficie superior de los escalones. Pero no es este el único modo de poderlo ver. También se puede ver sin dificultad como una escalera en la que resulta visible la superficie inferior de los escalones. Además, si se mira al dibujo durante algún tiempo, por lo general se encuentra, involuntariamente, que cambia la visión frecuentemente de una escalera vista desde arriba a una escalera vista desde, abajo y viceversa. Y, no obstante, parece razonable suponer que, puesto que el objeto que contempla el observador sigue siendo el mismo, las imágenes de la retina no varían.



El hecho de que el dibujo se vea como una escalera vista desde arriba o como una escalera vista desde abajo parece depender de algo más que de la imagen que hay en la retina del observador. Sospecho que ningún lector de este libro ha puesto en duda mi afirmación de que la figura 3 parece una escalera de algún tipo. Sin embargo, los resultados de los experimentos realizados con miembros de varias tribus africanas, cuyas culturas no incluyen la costumbre de dibujar objetos tridimensionales mediante dibujos bidimensionales con perspectiva, indican que los miembros de estas tribus no habrían considerado que la figura 3 es una escalera sino una disposición bidimensional de líneas. Presumo que la naturaleza de las imágenes formadas en las retinas de los observadores es relativamente independiente de su cultura.

Además, parece seguirse que las experiencias perceptuales que los observadores tienen en el acto de ver no están espe cialmente determinadas por las imágenes de las retinas. Hanson ha llamado la atención sobre este punto y lo ha ilustrado con muchos ejemplos [2].

Lo que un observador ve, esto es, la experiencia visual que tiene un observador cuando ve un objeto, depende en parte de su experiencia pasada, su conocimiento y sus expectativas. He aquí dos sencillos ejemplos que ilustran esta cuestión en particular.

[2] N. R. Hanson, Patterns of discovery, Cambridge, Cambridge University Press, 1958, capítulo 1.

En un conocido experimento se mostraba a los sujetos unas cartas durante un breve período de tiempo y se les pedía que las identificaran. Cuando se utilizaba una baraja normal, los sujetos eran capaces de cumplir esta tarea con mucho éxito. Pero cuando se introducían cartas anómalas, tal como un as de picas rojo, en principio casi todos los sujetos identificaban inicialmente esas cartas de un modo incorrecto con una carta normal. Veían un as de picas rojo como un as de diamantes normal o como un as de picas normal. Las impresiones subjetivas experimentadas por los observadores estaban influidas por sus expectativas. Cuando, después de un período de confusión, los sujetos comenzaban a darse cuenta o se les decía que había cartas raras en la baraja, no tenían problema en identificar correctamente todas las cartas que se les mostraban, ya fueran anómalas o normales. Este cambio en su conocimiento y expectativas iba acompañado

de un cambio en lo que veían, aunque siguieran viendo el mismo objeto físico.

Un rompecabezas infantil nos proporciona otro ejemplo; el problema consiste en encontrar el dibujo de una cara humana entre el follaje en el dibujo de un árbol. Aquí, lo que se ve, esto es, la impresión experimentada por una persona que ve el dibujo, corresponde en principio al árbol, con su tronco, sus hojas y sus ramas. Pero una vez que se ha detectado la cara humana, esto cambia. Lo que antes se veía como follaje y partes de las ramas se ve ahora como una cara humana. De nuevo, se ha visto el mismo objeto físico antes y después de la solución del problema, y presumiblemente la imagen que hay en la retina del observador no cambia en el momento en que se encuentra la solución y se descubre la cara. Y si se ve el dibujo un poco después, un observador que ya haya resuelto el problema podrá ver de nuevo con facilidad la cara. En este ejemplo, lo que ve un observador resulta afectado por su conocimiento y su experiencia.

Se puede sugerir la siguiente pregunta: «¿Qué tienen que ver estos ejemplos artificiales con la ciencia?» La respuesta es que no resulta difícil proporcionar ejemplos procedentes de la práctica científica que ilustren la misma cuestión, a saber, que lo que ven los observadores, las experiencias subjetivas que tienen cuando ven un objeto o una escena, no está determinado únicamente por las imágenes formadas en sus retinas sino que depende también de la experiencia, el conocimiento, las expectativas y el estado interno en general del observador. Es necesario aprender a ver de un modo experto a través de un telescopio o de un microscopio, y la serie no estructurada de, manchas brillantes y oscuras que observa el principiante es diferente del ejemplar o de la escena detallada que puede distinguir el observador adiestrado. Algo de este tipo debió de suceder cuando Galileo introdujo por vez primera el telescopio como instrumento de exploración de los cielos. Las reservas que mantenían los rivales de Galileo acerca de la aceptación de fenómenos tales como las lunas de Júpiter, que Galileo había aprendido a ver, debieron de resultar en parte no de los prejuicios sino de las auténticas dificultades con que tropezaban cuando aprendían a «ver» a través de lo que, después de todo, eran telescopios muy rudimentarios. En el pasaje siguiente, Michael Polanyi describe los cambios efectuados en la experiencia perceptual de un estudiante de medicina cuando se le enseña a diagnosticar mediante el examen por rayos x:

Pensemos en un estudiante de medicina que sigue un curso de diagnóstico de enfermedades pulmonares por rayos X. Mira, en una habitación oscura, trazos indefinidos en una pantalla fluorescente colocada contra el pecho del paciente y oye el comentario que hace el radiólogo a sus ayudantes, en un lenguaje técnico, sobre los rasgos significativos de esas sombras. En un principio, el estudiante está completamente confundido, ya que, en la imagen de rayos x del pecho, sólo puede ver las sombras del corazón y de las costillas que tienen entre sí unas cuantas manchas como patas de araña. Los expertos parecen estar imaginando quimeras; él no puede ver nada de lo que están diciendo. Luego, según vaya escuchando durante unas cuantas semanas, mirando cuidadosamente las imágenes siempre nuevas de los diferentes casos, empezará a comprender; poco a poco se olvidará de las costillas y comenzará a ver los pulmones. Y, finalmente, si persevera inteligentemente, se le revelará un rico panorama de detalles significativos: de variaciones fisiológicas y cambios patológicos, cicatrices, infecciones crónicas y signos de enfermedades agudas. Ha entrado en un mundo nuevo. Todavía ve sólo una parte de lo que pueden ver los expertos, pero ahora las imágenes tienen por fin sentido, así como la mayoría de los comentarios que se hacen sobre ellas [3].

Una respuesta usual a lo que estoy diciendo acerca de la observación, apoyado por la clase de ejemplos que he utilizado, es que los observadores que ven la misma escena desde el mismo lugar ven la misma cosa, pero interpretan de diferente modo lo que ven. Deseo discutir este punto. En la medida en que se refiere a la percepción, con lo único que el observador está en inmediato y directo contacto es con sus experiencias. Estas experiencias no están dadas de modo unívoco ni son invariantes, sino que cambian con las expectativas y el conocimiento del observador. Lo que viene unívocamente dado por la situación física es la imagen formada en la retina del observador, pero el observador no tiene contacto perceptual directo con la imagen. Cuando el inductivista ingeriuo, y muchos otros empiristas, suponen que hay algo univocamente dado en la experiencia

que puede interpretarse de diversas maneras, están suponiendo, sin argumentarlo a pesar de las muchas pruebas en contra, que hay una correspondencia unívoca entre las imágenes de nuestras retinas y las experiencias subjetivas que tenemos cuando vemos. Están llevando demasiado lejos la analogía de la cámara.

Una vez dicho esto, trataré de aclarar lo que no pretendo afirmar en esta sección, para que no se piense que estoy defendiendo algo diferente de lo que pretendo. En primer lugar, no afirmo en absoluto que las causas físicas de las imágenes de nuestras retinas no tengan ninguna relación con lo que vemos. No podemos ver exactamente lo que queremos. Sin embargo, mientras que las imágenes de nuestras retinas forman parte de la causa de lo que vemos, otra parte muy importante de esa causa está constituida por el estado interno de nuestras mentes o cerebros, el cual dependerá evidentemente de nuestra educación cultural, nuestro conocimiento, nuestras expectativas, etc., y no estará determinado únicamente por las propiedades físicas de nuestros ojos y de la escena observada. En segundo lugar, en una gran diversidad de circunstancias, lo que vemos en diversas situaciones sigue siendo completamente estable. La dependencia entre lo que vemos y el éstado de nuestras mentes o cerebros no es tan sensible como para hacer imposible la comunicación y la ciencia. En tercer lugar, en todos los ejemplos que se han citado aquí, los observadores ven en un cierto sentido la misma cosa. Yo acepto, y presupongo a través de todo este libro, que existe un solo y único mundo físico independiente de los observadores. De ahí que, cuando unos cuantos observadores miran un dibujo, un trozo de aparato, una platina de microscopio o cualquier otra cosa, en cierto sentido todos ellos se enfrentan y miran la misma cosa y, por tanto, en cierto sentido, «ven» la misma cosa. Pero de eso no se sigue que tengan experiencias perceptivas idénticas. Hay un sentido muy importante en el que no ven la misma cosa, y en él se basa la crítica que he realizado de la postura inductivista.

[3] M. Polanyl, *Personal knowledge*, Londres, Routledge and Kegan Paul, 1973, p. 101.

III. LOS ENUNCIADOS OBSERVACIONALES PRESUPONEN LA TEORIA

Aunque se diera una única experiencia perceptiva para todos los observadores, todavía seguiría habiendo objeciones importantes al supuesto inductivista acerca de la observación. En esta sección centraremos nuestra atención en los enunciados observacionales que se basan en las experiencias perceptivas de los observadores que afirman los enunciados y que están supuestamente justificados por ellas. Según la concepción inductivista de la ciencia, la sólida base sobre la que se construyen las leyes y teorías que constituyen la ciencia está formada por enunciados observacionales públicos, y no por las experiencias subjetivas privadas de los observadores individuales. Evidentemente, las observaciones que efectuó Darwin durante su viaje en el Beagle, por ejemplo, no habrían tenido las consecuencias que tuvieron para la ciencia si hubieran seguido siendo experiencias privadas de Darwin. Sólo se convirtieron en observaciones relevantes para la ciencia cuando fueron formuladas y comunicadas como enunciados observacionales susceptibles de ser utilizados y criticados por otros científicos. La concepción inductivista exige la derivación de enunciados universales a partir de enunciados singulares mediante la inducción. Tanto el razonamiento inductivo como el deductivo conllevan relaciones entre diversos conjuntos de enunciados, y no relaciones entre enunciados por un lado y experiencias perceptivas por otro.

Podemos suponer que hay experiencias perceptivas de algún tipo directamente accesibles al observador, pero no sucede así con los enunciados observacionales. Estos últimos son entidades públicas, formuladas en un lenguaje público, que conllevan teorías con diversos grados de generalidad y complejidad. Una vez que se centra la

atención en los enunciados observacionales en cuanto forman la supuesta sólida base de la ciencia, se puede advertir que, en contra de la pretensión del inductivista, una teoría de algún tipo debe preceder a todos los enunciados observacionales y que los enunciados observacionales son tan falibles como las teorías que presuponen.

Los enunciados observacionales se deben realizar en el lenguaje de alguna teoría, por vaga que sea. Consideremos una sencilla frase del lenguaje común: «¡Mira, el viento empuja el cochecito del niño hacia el borde del precipicio!» En esta frase se presupone mucha teoría de bajo nivel. Se implica que existe una cosa tal como el viento, que tiene la propiedad de poder mover objetos tales como cochecitos que se encuentran en su camino. El sentido de urgencia que expresa el «¡Mira!» indica la expectativa de que el coche, junto con el niño, caiga por el precipicio y quizás se estrelle contra las rocas que hay debajo y, además, se supone que este hecho será perjudicial para el niño. Igualmente, cuando un madrugador que tiene una urgente necesidad de café se queja: El gas no quiere encenderse», se supone que en el mundo hay sustancias que se pueden agrupar bajo el concepto de gas y que algunas de ellas, por lo menos, arden. Hay que señalar al respecto también que no siempre se ha dispuesto del concepto de «gas». No existió hasta mediados del siglo XVIII, cuando Joseph Black preparó por primera vez el dióxido de carbono. Antes, se consideraba que todos los gases eran muestras más o menos puras de aire [4].

Cuando pasamos a enunciados del tipo de los que se dan en la ciencia, los presupuestos teóricos son menos tópicos y más evidentes. No es necesario argumentar mucho en favor de la existencia de presupuestos teóricos en la afirmación «el haz de electrones fue repelido por el polo norte del imán» o en el discurso de un psiquiatra sobre los síntomas de abandono de un paciente.

Así pues, los enunciados observacionales se hacen siempre en el lenguaje de alguna teoría y serán tan precisos como lo sea el marco conceptual o teórico que utilicen. El concepto de fuerza», tal y como se usa en física, es preciso porque toma su significado del papel que desempeña en una teoría precisa y relativamente autónoma: la mecánica newtoniana. El uso de la misma palabra en el lenguaje cotidiano (la fuerza de las circunstancias, la fuerza del vendaval, la fuerza de un argumento, etc.) es impreciso sólo porque las correspondientes teorías son múltiples e imprecisas. Las teorías precisas, claramente formuladas, constituyen un requisito previo de unos enunciados observacionales precisos. En este sentido, las teorías preceden a la observación.

Las anteriores afirmaciones acerca de la anterioridad de la teoría a la observación va en contra de la tesis inductivista de que el significado de muchos conceptos básicos se extrae de la observación. Consideremos como ejemplo el simple concepto de «rojo». Una explicación inductivista sería más o menos la siguiente. A partir de todas las experiencias perceptivas de un observador que surgen del sentido de la vista, un cierto conjunto de ellas (las que corresponden a las experiencias perceptivas que surgen de la visión de objetos rojos) tendrán algo en común. El observador, inspeccionando el conjunto, es de algún modo capaz de discernir el elemento común que hay en estas percepciones y de llegar a concebir este elemento común como lo rojo. De esta manera se llega al concepto de «rojo» a través de la observación. Esta explicación posee un serio defecto. Supone quea partir de todas las infinitas experiencias perceptivas habidas por un observador, el conjunto de experiencias perceptivas que surgen de la visión de cosas rojas está de alguna manera disponible para ser inspeccionado. Pero eseconjunto no se autoselecciona. ¿Cuál es el criterio según elque se incluyen en el conjunto algunas experiencias perceptivas y se excluyen otras? Por supuesto, el criterio es quesólo se incluyen las percepciones de los objetos rojos. Laexplicación presupone el propio concepto, lo rojo, cuyaadquisición se pretende explicar. No supone una defensade la postura inductivista señalar que los padres y losmaestros seleccionan un conjunto de objetos rojos cuandoenseñan a los niños a comprender el concepto de «rojo", yaque lo que nos interesa es cómo adquiere por vez primerael concepto su significado. La afirmación de que el conceptode rojo o cualquier otro concepto se deriva de la experiencia, y de nada más, es falsa.

[4] Véase The structure of scientific revolutions, de T. S. Kuhn, Chicago, Chicago University Press, 1970, p. 70.

Hasta ahora se ha estado atacando en esta sección la concepción inductivista ingenua de la ciencia, argumentandoque las teorías tienen que preceder a los enunciados observacionales, de modo que resulta falso afirmar que la cienciacomienza con la observación. Ahora vamos a ver una segundamanera de atacar al inductivismo. Los enunciados, observacionales son tan falibles como las teorías que presuponeny por lo tanto no constituyen una base completamente segura sobre la que construir las leyes y teorías científicas.

En primer lugar ilustraré esta cuestión con algunos ejemplos simples, de alguna manera inventados, y luego procederé a indicar la importancia de la cuestión para la ciencia citando algunos ejemplos procedentes de la ciencia y de suhistoria.

Consideremos el enunciado: «He aquí un trozo de tiza emitido por un profesor al tiempo que señala una barracilíndrica blanca que mantiene delante de la pizarra. Inclusoeste enunciado observacional tan básico conlleva una teoríay es falible. Se da por supuesta una generalización de muybajo nivel tal como las barras blancas que se encuentranen las aulas cerca de las pizarras son trozos de tiza». Y, desdeluego, no es necesario que esta afirmación sea verdadera.El profesor de nuestro ejemplo puede estar equivocado.Puede que el cilindro blanco en cuestión no sea un trozode tiza sino una imitación cuidadosamente hecha, colocadaallí por un alumno astuto que busca diversión. El profesor,o cualquiera de los presentes, podría dar un paso paracomprobar la verdad del enunciado «He aquí un trozo detiza», pero es muy significativo que cuanto más rigurosasea la prueba, más se invoque la teoría y, además, nunca seobtiene una certeza absoluta. Por ejemplo, al ser desafiado,el profesor podría pasar el cilindro a lo largo de la pizarra,señalar el trazo blanco resultante y afirmar: «Ahí lo tienen,es un trozo de tiza». Esto implica el supuesto de que «latiza deja un trazo blanco cuando se la pasa por una pizarra».Se podría replicar a la demostración del profesor que hayotras cosas, aparte de las tizas, que dejan trazos blancosen las pizarras. Quizás después de otra acción por parte delprofesor, tal como desmenuzar la tiza, que se replica demanera similar, el profesor en cuestión podría recurrir alanálisis químico. Químicamente, la tiza es en su mayor partecarbonato de calcio, afirma, y, por tanto, produciría dióxidode carbono si se la sumergiera en un ácido. Efectúa la pruebay demuestra que el gas resultante es dióxido de carbonomostrando que vuelve lechosa el agua de cal. Cada una delas etapas de esta serie de intentos por consolidar la validezdel enunciado observacional «He aquí un trozo de tiza» conlleva una apelación no sólo a nuevos enunciados observacionales, sino también a más generalizaciones teóricas. Laprueba que constituía el punto final de nuestra serie suponíabastante teoría química (el efecto de los ácidos sobre loscarbonatos, el efecto peculiar del dióxido de carbono sobreel agua de cal). Para establecer la validez de un enunciadoobservacional, por consiguiente, es necesario apelar a lateoría y cuanto más firmemente se haya de establecer la validez, mayor será el conocimiento teórico que se emplee. Estehecho está en directa contradicción con lo que podríamosesperar según la opinión inductivista, a saber, que para establecer la verdad de un enunciado observacional problemáticoapelamos a enunciados observacionales más seguros y quizása leyes derivadas inductivamente de ellos, pero no a la teoría.

A veces en el lenguaje cotidiano sucede que un «enunciado observacional que en apariencia no plantea problemas resulta ser falso al verse defraudada una expectativa, debidoa la falsedad de alguna teoría presupuesta en la afirmacióndel enunciado observacional. Por ejemplo, puede que unosexcursionistas que se encuentran en lo alto de una montañaelevada observen mientras echan una ojeada al fuego decampamento: «el agua está suficientemente caliente parahacer té y luego descubran que estaban tristemente equivocados cuando beban el brebaje resultante. La teoría queerróneamente se había dado por supuesta es que el aguahirviendo estaba suficientemente caliente para hacer té, locual no tiene por qué ser así en el caso del agua hirviendoen las bajas presiones experimentadas en altitudes elevadas.

A continuación presentamos algunos ejemplos menos artificiales que son más útiles para nuestro intento de comprender la naturaleza de la ciencia.

En la época de Copérnico (antes de que se inventara el telescopio) se hicieron cuidadosas mediciones del tamañode Venus. El enunciado «Venus, tal y como se ve desde laTierra, no cambia apreciablemente de tamaño a lo largo delaño» era generalmente aceptado por todos los astrónomos,copernicanos y no copernicanos, basándose en esas observaciones. Andreas Osiander, contemporáneo de Copérnico,se refirió a la predicción de que Venus parecería cambiarde tamaño a lo largo del año como «un resultado que laexperiencia de todas las épocas contradice» [5]. Se aceptóla observación a pesar de sus inconvenientes, ya que tanto lateoría copernicana como algunas de sus rivales predecíanque Venus parecería cambiar de tamaño a lo largo del año.No obstante, ahora se considera que el enunciado es falso,pues presupone la falsa teoría de que a simple vista se puedecalibrar de un modo preciso el tamaño de las pequeñasfuentes de luz. La moderna teoría puede ofrecer una explicación de por qué resultará errónea la estimación a simplevista del tamaño de las pequeñas fuentes de luz y por quése han de preferir las observaciones telescópicas, que muestran que el tamaño aparente de Venus varía considerablemente a lo largo del año. Este ejemplo ilustra claramente quelos enunciados observacionales dependen de la teoría. y, por tanto, también su falibilidad.

[5] E. Rosen, *Three Copernican treatises*, Nueva York, Dover, 1959,página 25.

El segundo ejemplo se refiere a la electrostática. Los primeros experimentadores en este campo dieron cuenta delas observaciones de varillas electrizadas que se volvían pegajosas, como lo demostraba el hecho de que se pegaran aellas trocitos de papel, y del rechazo mutuo de dos cuerposelectrizados. Desde un punto de vista moderno, esos informes observacionales eran erróneos. Las falsas concepcionesque facilitaron esas observaciones serían ahora reemplazadas por las nociones de fuerzas atrayentes y repelentesque actúan a distancia, conduciendo así a informes observacionales completamente diferentes.

Finalmente, y como detalle más divertido, los modernos científicos no tendrían ninguna dificultad para exponer lafalsedad de un apunte en el cuaderno del honesto Kepler,como consecuencia de las observaciones realizadas a travésde un telescopio galileano, que dice así: «Marte es cuadrado

y de un intenso color>*.

En esta sección he mantenido que el inductivista está equivocado en dos cosas., La ciencia no comienza con losenunciados observacionales, porque una teoría de algún tipoprecede siempre a todos los enunciados observacionales, ylos enunciados observacionales no constituyen una basefirme sobre la que pueda descansar el conocimiento científico, porque son falibles. Sin embargo no pretendo afirmarque de esto se siga que los enunciados observacionales nodeberían desempeñar ningún papel en la ciencia. No instoa que se descarten todos los enunciados observacionalesporque son falibles; simplemente mantengo que el papel queatribuyen los inductivistas a los enunciados observacionalesen la ciencia es incorrecto.

P. K. Feyerabend. Against method: outline of an anarchistic

theory of knowledge, Londres New Left Books, 1975, p. 126.

IV. LA TEORIA GUIA LA OBSERVACION Y LA EXPERIMENTACION

Según el más ingenuo de los inductivistas las observaciones efectuadas por un observador imparcial y sin prejuiciosproporcionan la base del conocimiento científico. Si estapostura se interpreta literalmente, es absurda e insostenible.Para ilustrarlo, imaginemos a Heinrich Hertz, en 1888, efectuando el experimento eléctrico que le permitió producir ydetectar las ondas de radio por primera vez. Si hubiera sidocompletamente imparcial al hacer sus observaciones, sehabría visto obligado a registrar no sólo las lecturas en varios contadores, la presencia o ausencia de chispas en diversos lugares críticos en los circuitos eléctricos, las dimensiones del circuito, etc., sino también el color de loscontadores, las dimensiones del laboratorio, el estado deltiempo, el tamaño de sus zapatos y un montón de detalles«claramente irrelevantes», esto es, irrelevantes para el tipode teoría en el que Hertz estaba interesado y que estabacomprobando. (En este caso concreto, Hertz estaba comprobando la teoría electromagnética de Maxwell para ver sipodía producir las ondas de radio predichas por la teoría).Como segundo ejemplo, hipotético, supongamos que yo tuviera muchas ganas de hacer alguna contribución a la fisiología o a la anatomía humanas y supongamos que hubieraobservado que se habían llevado a cabo muy pocos estudiossobre los lóbulos de las orejas de los seres humanos. Si, basándome en eso, fuviera que proceder a efectuar cuidadosasobservaciones del peso de los lóbulos de las orejas de muchisimos seres humanos, registrando y clasificando todasesas observaciones, creo que resulta evidente que no estaríahaciendo ninguna aportación importante a la ciencia. Estaríaperdiendo el tiempo, a menos que se hubiera propuesto unateoría que diera importancia al peso de los lóbulos de lasorejas, por ejemplo una teoría que relacionara de algúnmodo el tamaño de los lóbulos con la incidencia del cáncer.

Los ejemplos anteriores ilustran un aspecto importante en el que la teoría precede a la observación en la ciencia.

Véase, por ejemplo, la cita de la p. 22.

Las observaciones y los experimentos se efectúan para comprobar o aclarar alguna teoría, y sólo se deben registrar las observaciones que se consideran relevantes para esa tarea.Sin embargo, en la medida en que las teorías que constituyennuestro conocimiento científico son falibles e incompletas,la guía que las teorías nos ofrecen con respecto a qué observaciones son relevantes para algún fenómeno que se estáinvestigando puede ser engañosa, y puede hacer que se pasenpor alto algunos factores importantes. El experimento deHertz referido anteriormente proporciona un bonito ejemplo.Uno de los factores a los que me refería como «claramenteirrelevantes» era de hecho muy relevante. Una consecuenciade la teoría que se estaba comprobando era que las ondas deradio deben tener una velocidad igual a la velocidad de laluz. Cuando Hertz midió la velocidad de sus ondas de radio,encontró repetidas veces que su velocidad era significativamente distinta a la de la luz. Nunca consiguió resolver eseproblema. Y hasta después de su muerte no se comprendiócuál era realmente la fuente del problema: las ondas deradio emitidas desde su aparato se reflejaban en las paredesdel laboratorio y volvían al aparato, interfiriendo en lasmediciones. Resultó que las dimensiones del laboratorio eranmuy relevantes. Así pues, las falibles e incompletas teoríasque constituyen el conocimiento científico pueden servir de falsa guía para un observador. Pero este problema se hade abordar mejorando y ampliando nuestras teorías y noregistrando una lista infinita de observaciones sin un propósito fijo.

V. EL INDUCTIVISMO NO ESTA REFUTADO DE UN MODO

CONCLUYENTE

El hecho de que la observación dependa de la teoría, que se ha analizado en este capítulo, socava la afirmación inductivista de que la ciencia comienza con la observación. Sinembargo, sólo los inductivistas más ingenuos desearían defender esta postura. Ninguno de los inductivistas modernos,más sofisticados, desearía mantener esa versión literal. Pueden prescindir de la afirmación de que la ciencia debe comenzar con la observación imparcial y sin prejuicios estableciendo una distinción entre el modo en que se concibe odescubre por primera vez una teoría, por un lado, y elmodo en que se justifica o se valoran sus méritos, por otro.Esta postura modificada admite francamente que las nuevasteorías se conciben de diversas maneras y a menudo a travésde muchos caminos. Se le pueden ocurrir al descubridor enun momento de inspiración, como en la mítica historia deque el descubrimiento por parte de Newton de la ley de gravitación surgió cuando vio caer una manzana de un árbol.Igualmente, podría producirse un nuevo descubrimientocomo resultado de un accidente, como sucedió cuando Roentgen llegó al descubrimiento de los rayos X por el continuoennegrecimiento de las placas fotográficas almacenadas enlas proximidades de su tubo de descarga. O también se podría llegar a un nuevo descubrimiento después de largasseries de observaciones y cálculos, tal y como enseñan losdescubrimientos de Kepler de las leyes del movimiento planetario. Las teorías pueden ser concebidas, y usualmente loson, antes de hacer las observaciones necesarias para comprobarlas. Además, según este inductivismo más sofisticado,los actos creativos, los más nuevos e importantes de loscuales exigen genio e implican la intervención de la psicología individual de los científicos, se resisten al análisis lógico.El descubrimiento y la cuestión del origen de las nuevasteorías son materias que quedan excluidas de la filosofíade la ciencia.

Sin embargo, una vez que se ha llegado a nuevas leyesy teorías, no importa por qué camino, todavía queda la cuestión de la adecuación de esas leyes y teorías. ¿Correspondena un conocimiento científico lícito o no? Esta es la preguntaque interesa a los inductivistas sofisticados. Su respuesta esmás o menos la que he esbozado en el capítulo 1. Gran cantidad de hechos relevantes para una teoría se deben determinar mediante la observación en una amplia variedad decircunstancias y hay que establecer en qué medida se puedendemostrar que la teoría es verdadera o probablemente verdadera a la luz de esos hechos y mediante algún tipo deinferencia inductiva.

La separación entre el modo de descubrimiento y el modo de justificación permite que los inductivistas eludan esaparte de la crítica que se les ha hecho en este capítulo yque iba dirigida contra la afirmación de que la ciencia comienza con la observación. Sin embargo, se puede cuestionarla licitud de la separación de los dos modos. Por ejemplo,seguramente parecería razonable sugerir que una teoría queanticipa y conduce al descubrimiento de nuevos fenómenos,tal como la teoría de Clerk Maxwell condujo al descubrimiento de las ondas de radio, es más digna de consideracióny más justificable que una ley o teoría ideada para explicarfenómenos ya conocidos y no conducente al descubrimientode otros nuevos. Espero que a medida que avance este libroquedará cada vez más claro que es esencial entender laciencia como un conjunto de conocimientos que se desarrollan históricamente y que sólo se puede apreciar correctamente una teoría si se presta la debida atención a su contextohistórico. La apreciación de una teoría está íntimamente vinculada a las circunstancias en las cuales apareció esa teoría por primera vez.

Aunque aceptemos que los inductivistas separen el modo de descubrimiento del modo de justificación, su postura seseguirá resintiendo del hecho de que los enunciados observacionales están cargados de teoría y son por tanto falibles.El inductivista pretende establecer una distinción bastante tajante entre la observación directa, que espera servirá debase firme al conocimiento científico, y las teorías, quese han de justificar en la medida en que reciban un apoyoinductivo de la firme base observacional. Los ultrainductivistas, como los positivistas lógicos, han llegado incluso adecir que las teorías solo tienen sentido en tanto puedenser verificadas por la observación directa. Esta postura seve contradicha por el hecho de que no se puede manteneresa tajante

distinción entre observación y teoría, ya que la observación, o mejor dicho los enunciados resultantes de la observación, están influidos por la teoría. Aunque he criticado duramente las filosofías de la ciencia inductivistas en este capítulo y en el anterior, los argumentos que he presentado no constituyen una refutación completamente decisiva de ese programa. No se puede considerar que el problema de la inducción se ha resuelto definitivamente porque, como ya he mencionado anteriormente, la mayor parte de las otras filosofías de la ciencia tropiezan con dificultades similares. Solamente he indicado una manera en que los, inductivistas pueden eludir hasta cierto punto las críticas que se centran en el hecho de que la observación depende de la teoría, y estoy convencido de que podrán idear defensas más ingeniosas. La principal razón por la que creo que se debe abandonar el inductivismo es que, comparado con otros enfoques más modernos, cada vez le ha resultado más difícil arrojar nueva e interesante luz sobre la naturaleza de la ciencia, hecho que llevó a Imre Lakatos a afirmar que el programa estaba en vías de degeneración. Las concepciones de la ciencia progresivamente másadecuadas, más interesantes y más fructíferas que se desarrollarán en los siguientes capítulos constituirán el argumento más contundente contra el inductivismo.

LECTURAS COMPLEMENTARIAS

La dependencia, por parte de las experiencias perceptivas, de la teoría se analiza e ilustra con ejemplos en la obra de N. R. Hanson Patterns of discovery, Cambridge, Cambridge University Press, 1958. En los escritos de Popper, Kuhn y Feyerabend abundan los argumentos y ejemplos que apoyan la tesis de que las observaciones y los enunciados observacionales dependen de lateoría. Algunos de los pasajes que tratan de modo específico el tema son: The logic of discovery de K. R. Popper (Londres, Hutchinson, 1968). cap. 5 y apéndice 10; Objective knowledge, de K. R. Popper (Oxford, Oxford University Press, 1972), páginas 341-61; Against method: outline of an anarchistic theory of knowledge (Londres, New Left Books, 1975), capítulos 6 y 7; y T. S. Kuhn, The structure of scientific revolutions (Chicago, Chicago University Press, 1970), capítulo 10. El capitulo 1 de The justification of scientific change de Carl R. Kordig (Dordrecht, Reidel Pub. Co., 1971) contiene un análisis del tema que critica a Hanson y Feyerabend a la vez. Una explicación prudente, aunque algo seca, es la de Israel Scheffler en Science and subjectivity (Nueva York, Bobbs-Merrill, 1967). Eye and brain de R. L. Gregory (Londres, Weidenfeld and Nicolson, 1972) y Art and illusion de Ernst Gombrich (Nueva York, Pantheon, 1960) constituyen dos entretenidos análisis de la percepción relacionados con el problema filosófico. También recomendaría con entusias mo un libro apasionante sobre la percepción animal, The magic of the senses, de Vitus B. Droscher (Nueva York, Harper and Row, 1971). Este libro da una idea muy clara de las limitaciones y el carácter restringido de la percepción humana y de la arbitrariedad de los intentos por dar un significado fundamental a la información que fos humanos reciben casualmente a través de sus sentidos.

4. INTRODUCCION DEL FALSACIONISMO

El falsacionista admite francamente que la observación es guiada por la teoría y la presupone. También se congratula de abandonar cualquier afirmación que implique que las teorías se pueden establecer como verdaderas o probablemente verdaderas a la luz de la evidencia observacional. Las teorías se construyen como conjeturas o suposiciones especulativas y provisionales que el intelecto humano crea libremente en un intento de solucionar los problemas con que tropezaron las teorías anteriores y de proporcionar una explicación adecuada del comportamiento de algunos aspectos del mundo o universo. Una vez propuestas, las teorías especulativas han de ser comprobadas rigurosa e implacablemente por la observación y la experimentación. Las teorías que no superan las pruebas observacionales y experimentales deben ser eliminadas y reemplazadas por otras conjeturas especulativas. La ciencia progresa gracias al ensayo y al error, a las conjeturas y refutaciones. Sólo sobreviven las teorías más aptas. Aunque nunca se puede decir lícitamente de una teoría que es verdadera, se puede decir con optimismo que es la mejor disponible, que es mejor que cualquiera de las que han existido antes.

I. UNA CUESTION LOGICA QUE APOYA AL FALSACIONISTA

Según el falsacionismo, se puede demostrar que algunas teorías son falsas apelando a los resultados de la observación y la experimentación. En este punto, hay una cuestión lógica, simple, que parece apoyar al falsacionista. Ya he indicado en el capítulo 2 que, aunque supongamos que disponemos de alguna manera de enunciados observacionales verdaderos, nunca es posible llegar a leyes y teorías universales basándose sólo en deducciones lógicas. Por otro lado, es posible efectuar deducciones lógicas, partiendo de enunciados observacionales singulares como premisas, y llegar a la falsedad de teorías y leyes universales mediante una deducción lógica. Por ejemplo, si tenemos el enunciado «En el lugar x y en el momento se observó un cuervo que no era negro», entonces de esto se sigue lógicamente que «Todos los cuervos son negros» es falso. Esto es, la argumentación:

> *Premisa:*
> En el lugar x y en el momento se observó un cuervo que no era negro.
>
> *Conclusión:*
> No todos los cuervos son negros.

es una deducción lógicamente válida. Si se afirma la premisa y se niega la conclusión, hay una contradicción. Uno o dos ejemplos más nos ayudarán a ilustrar esta cuestión lógica bastante trivial. Si se puede establecer mediante observación en una prueba experimental que un peso de 10 libras y otro de 1 libra en caída libre se mueven hacia abajo aproximadamente a la misma velocidad, entonces se puede concluir que la afirmación de que todos los cuerpos caen a velocidades proporcionales a sus pesos es falsa. Si se puede demostrar más allá de toda duda que un rayo de luz que pasa cerca del sol es desviado en una línea curva, entonces no es que la luz viaje necesariamente en línea recta.

La falsedad de enunciados universales se puede deducir de enunciados singulares adecuados. El falsacionista explota al máximo esta cuestión lógica.

II. LA FALSABILIDAD COMO CRITERIO DE TEORIAS

El falsacionista considera que la ciencia es un conjunto de hipótesis que se proponen a modo de ensayo con el propósito de describir o explicar de un modo preciso el comportamiento de algún aspecto del mundo o universo. Sin embargo, no todas las hipótesis lo consiguen. Hay una condición fundamental que cualquier hipótesis o sistema de hipótesis debe cumplir si se le ha de dar el estatus de teoría o ley científica. Si ha de formar parte de la ciencia, una hipótesis ha de ser falsable. Antes de seguir adelante, es importante aclarar la utilización que hace el falsacionista del término «falsable».

He aquí algunos ejemplos de afirmaciones simples que son falsables en el sentido deseado:

1. Los miércoles nunca llueve.

2. Todas las sustancias se dilatan al ser calentadas.

3. Los objetos pesados, como por ejemplo un ladrillo, caen directamente hacia abajo al ser arrojados cerca de la superficie de la tierra si no hay algo que lo impida.

4. Cuando un rayo de luz se refleja en un espejo plano, el ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión.

La afirmación (1) es falsable porque se puede falsar al observar que llueve un miércoles. La afirmación (2) es falsable; se puede falsar mediante un enunciado observacional en el sentido de que una substancia x no se dilató al ser calentada en el tiempo t. El agua cerca de su punto de congelación serviría para falsar (2). Tanto (1) como (2) son falsables y falsas. Por lo que sé, las afirmaciones (3) y (4) pueden ser verdaderas. Sin embargo, son falsables en el sentido deseado. Lógicamente es posible que el siguiente ladrillo que se arroje «caiga» hacia arriba. No hay ninguna contradicción lógica implícita en la afirmación «El ladrillo cayó hacia arriba al ser arrojado», aunque puede ser que la observación nunca justifique semejante enunciado. La afirmación (4) es falsable porque se puede concebir que un rayo de luz que incida sobre un espejo formando un ángulo oblicuo pueda ser reflejado en dirección perpendicular al espejo. Esto no sucederá nunca si la ley de reflexión resulta ser verdadera, pero si no fuera así, no habría ninguna contradicción lógica. Tanto (3) como (4) son falsables, aunque puedan ser verdaderas.

Una hipótesis es falsable si existe un enunciado observacional o un conjunto de enunciados observacionales.lógicamente posibles que sean incompatibles con ella, esto es, que en caso de ser establecidos como verdaderos, falsarían la hipótesis.

He aquí algunos ejemplos de enunciados que no cumplen este requisito y que, por consiguiente, no son falsables.

5. O llueve o no llueve.

6. Todos los puntos de un círculo euclídeo equidistan del centro.

7. Es posible tener suerte en la especulación deportiva.

Ningún enunciado observacional lógicamente posible puede refutar (5). Es verdadero sea cual fuere el tiempo que haga. La afirmación (6) es necesariamente verdadera a

causa de la definición de círculo euclídeo. Si los puntos de un círculo no equidistaran de un punto fijo, entonces esa figura ya no sería un círculo euclídeo. «Todos los solteros no están casados no es falsable por la misma razón. La afirmación (7) es una cita de un horóscopo aparecido en un periódico. Tipifica la taimada estrategia del adivino. La afirmación no es falsable. Equivale a decir al lector que si hace una apuesta hoy, podría ganar, lo cual es cierto apueste o no y, si apuesta, gane o no.

El falsacionista exige que las hipótesis científicas sean falsables en el sentido aquí analizado. Insiste en ello porque una ley o teoría es informativa solamente en el caso de que excluya un conjunto de enunciados observacionales lógicamente posibles. Si un enunciado no es falsable, entonces el mundo puede tener cualquier propiedad y comportarse de cualquier manera sin entrar en conflicto con el enunciado.

Los enunciados (5), (6) y (7), a diferencia de los enunciados (1), (2), (3) y (4), no nos dicen nada acerca del mundo. Desde un punto de vista ideal, una teoría o ley científica debería proporcionarnos alguna información acerca de cómo se comporta en realidad el mundo, excluyendo por esta razón las maneras en las que podría posiblemente (lógicamente) comportarse, pero de hecho no se comporta. La ley «Todos los planetas se mueven en elipses alrededor del sol» es científica porque afirma que los planetas se mueven de hecho en elipses y excluye que las órbitas sean cuadradas u ovales.

La ley tiene contenido informativo y es falsable solamente porque hace afirmaciones definidas acerca de las órbitas planetarias.

Una rápida ojeada a algunas leyes que se podrían considerar componentes típicos de las teorías científicas indica que satisfacen el'criterio de falsabilidad. Los polos magnéticos diferentes se atraen entre sí», «Un ácido añadido a una base produce sal más agua y leyes similares se pueden construir fácilmente como enunciados falsables. Sin embargo, el falsacionista mantiene que algunas teorías pasan de hecho como teorías científicas sólo porque no son falsables y deberían ser rechazadas, aunque superficialmente pueda parecer que poseen las características de las buenas teorías científicas. Popper ha afirmado que al menos algunas versiones de la teoría de la historia de Marx, el psicoanálisis freudiano y la psicología adleriana adolecen de este fallo. Se puede ilustrar, esta cuestión mediante la siguiente caricatura de la psicología adleriana.

Un principio fundamental de la teoría de Adler es que las acciones humanas están motivadas por sentimientos de inferioridad de algún tipo. En nuestra caricatura, esta cuestión se puede ilustrar con el siguiente incidente: un hombre se encuentra en la orilla de un peligroso río en el momento en que un niño se cae a él, muy cerca. El hombre se tirará al río intentando salvar al niño o no se tirará. Si se tira, el adleriano responde indicando como apoya esta acción su teoría. Evidentemente, el hombre necesitaba superar su sentimiento de inferioridad demostrando que era lo suficientemente valiente como para arrojarse al río a pesar del peligro. Si el hombre no se tira, también el adleriano puede pretender que ello apoya su teoría. El hombre superaba su sentimiento de inferioridad demostrando que tenía la fuerza de voluntad de permanecer en la orilla, imperturbable, mientras el niño se ahogaba.

Si esta caricatura es típica del modo en que funciona la teoría adleriana, entonces la teoría no es falsable'. Es

Se podría invalidar este ejemplo si hubiera una forma de establecer el tipo de complejo de inferioridad que poseía el hombre en cuestión, independientemente de su comportamiento a la orilla del rio. La teoría da pie para una cosa así, por lo que el ejemplo es una caricatura completamente injusta.

compatible con cualquier tipo de comportamiento humano y, precisamente por eso, no

nos dice nada acerca del comportamiento humano. Por supuesto, antes de rechazar la teoría de Adler sobre esta base, sería necesario investigar los detalles de la teoría en vez de su caricatura. Pero hay un montón de teorías sociales, psicológicas y religiosas que despiertan la sospecha de que, en su afán de explicarlo todo, no explican nada. La existencia de un Dios amante y el hecho de que se produzca un desastre pueden ser compatibles interpretando que el desastre se nos envía para castigarnos o para probarnos, según lo que parezca más adecuado a la situación. Muchos ejemplos del comportamiento animal pueden ser considerados como una prueba en favor de la afirmación «Los animales están hechos de modo que puedan cumplir mejor la función para la que están destinados». Los teóricos que actúan de esta manera incurren en los argumentos evasivos del adivino y están sujetos a las críticas del falsacionista. Para que una teoría posea un contenido informativo, ha de correr el riesgo de ser falsada.

III. GRADO DE FALSABILIDAD, CLARIDAD Y PRECISION

Una buena teoría o ley científica es falsable justamente porque hace afirmaciones definidas acerca del mundo. Para el falsacionista, de ello se sigue bastante claramente que cuanto más falsable es una teoría mejor es, empleando la palabra «más en un sentido amplio. Cuanto más afirme una teoría, más oportunidades potenciales habrá de de mostrar que el mundo no se comporta de hecho como lo establece la teoría. Una teoría muy buena será aquélla que haga afirmaciones de muy amplio alcance acerca del mundo y que, en consecuencia, sea sumamente falsable y resista la falsación todas las veces que se someta a prueba.

Esta cuestión se puede aclarar mediante un ejemplo trivial. Consideremos las dos leyes siguientes:

(a) Marte se mueve en una elipse alrededor del Sol.

(b) Todos los planetas se mueven en elipses alrededor del Sol.

Considero que está claro que (b) tiene un estatus superior que (a) como elemento del conocimiento científico. La ley (b) nos dice todo lo que dice (a) y bastante más. La ley (b), que es la ley preferible, es más falsable que (a). Si las observaciones sobre Marte falsaran (a), también falsarían

(b). Cualquier falsación de (a) constituirá también una falsación de (b), pero no a la inversa. Los enunciados observacionales referentes a las órbitas de Venus, Júpiter, etc., que posiblemente falsaran (b) son irrelevantes con respecto a (a). Si seguimos a Popper y nos referimos a esos conjuntos de enunciados observacionales que servirían para falsar una ley o teoría como falsadores potenciales de esa ley o teoría, entonces podemos decir que los falsadores potenciales de (a) forman una clase que es una subclase de los falsadores potenciales de (b). La ley (b) es más falsable que la ley (a), lo cual equivale a decir que afirma más, que es una ley mejor.

Un ejemplo menos artificial se refiere a la relación entre la teoría del sistema solar de Kepler y la de Newton. Considero que la teoría de Kepler consiste en sus tres leyes del movimiento planetario. Los falsadores potenciales de esa teoría constan de conjuntos de enunciados referentes a las posiciones planetarias en relación con el sol en un momento especificado. La teoría de Newton, una teoría mejor que desbancó a la de Kepler, es más amplia. Consiste en las leyes del movimiento de Newton más su ley de gravitación, la

cual afirma que todos los pares de cuerpos en el universo se atraen entre sí con una fuerza que varía en proporción inversa al cuadro de su distancia. Algunos de los falsadores potenciales de la teoría de Newton son conjuntos de enunciados de las posiciones planetarias en un momento especificado. Pero hay muchos otros, incluidos aquéllos que se refieren al comportamiento de los cuerpos que caen y de los péndulos, la correlación entre las mareas y las posiciones del sol y la luna, etc. Hay muchas más oportunidades de falsar la teoría de Newton que la de Kepler. Y con todo, sigue diciendo el falsacionista, la teoría de Newton fue capaz de resistir los intentos de falsación, estableciendo por ello su superioridad sobre la de Kepler.

Las teorías sumamente falsables se deben preferir, pues, a las menos falsables, siempre que no hayan sido falsadas de hecho. Para el falsacionista esta puntualización es importante. Las teorías que han sido falsadas tienen que ser rechazadas de forma tajante. La empresa científica consiste en proponer hipótesis sumamente falsables, seguidas de intentos deliberados y tenaces de falsarlas. Como dice Popper:

> Por ello puedo admitir con satisfacción que los falsacionistas como yo preferimos con mucho un intento de resolver un problema interesante mediante una conjetura audaz, aunque pronto resulte ser falsa (y especialmente en ese caso), a cualquier recital de una serie de truismos improcedentes. Lo preferimos porque creemos que esa es la manera en que podemos aprender de nuestros errores; y que al descubrir que nuestra conjetura era falsa habremos aprendido mucho sobre la verdad y habremos llegado más cerca de la verdad [3].

Aprendemos de nuestros errores. La ciencia progresa mediante el ensayo y el error. Debido a que la situación lógica hace imposible la derivación de leyes y teorías universales a partir de enunciados observacionales, pero posible la deducción de su falsedad, las falsaciones se convierten en importantes hitos, en logros sobresalientes, en los principales puntos del desarrollo de la ciencia. Este hincapié algo antiintuitivo que hacen los falsacionistas más extremos en la importancia de las falsaciones se criticará en los últimos capítulos.

Como la ciencia aspira a lograr teorías con un gran contenido informativo, los falsacionistas dan la bienvenida a la propuesta de audaces conjeturas especulativas. Se han de estimular las especulaciones temerarias siempre que sean falsables y siempre que sean rechazadas al ser falsadas. Esta actitud de «a vida o muerte choca con la precaución recomendada por el inductivista ingenuo. Según éste, sólo aquellas teorías de las que se puede demostrar que son verdaderas o probablemente verdaderas habrán de ser admitidas en la ciencia. Sólo debemos ir más allá de los resul

K. R. Popper, Conjectures and refutations, Londres, Routledge.

and Kegan Paul, 1969, p. 231; las cursivas están en el original.

tados inmediatos de la experiencia en la medida en que nos guíen inducciones legítimas. El falsacionismo, en contraposición, reconoce las limitaciones de la inducción y la subordinación de la observación a la teoría. Sólo se pueden descubrir los secretos de la naturaleza con la ayuda de teorías ingeniosas y perspicaces. Cuanto mayor sea el número de teorías conjeturadas que se enfrentan a la realidad del mundo y cuanto más especulativas sean estas conjeturas, mayores serán las oportunidades de hacer importantes avances en la ciencia. No hay peligro de que proliferen las teorías especulativas porque las que sean descripciones inadecuadas del mundo pueden ser eliminadas drásticamente como resultado de la observación o de otras pruebas.

La exigencia de que las teorías sean sumamente falsables tiene la atractiva consecuencia de que las teorías sean establecidas y precisadas con claridad. Si se establece una teoría de forma tan vaga que no queda claro qué afirma exactamente, entonces, cuando se comprueba mediante la observación o la experimentación, siempre

se podrá interpretar que es compatible con los resultados de esas pruebas. De esta manera, podrá ser defendida contra las falsaciones. Por ejemplo, Goethe escribió de la electricidad que

> no es nada, un cero, un mero punto que, sin embargo, mora en todas las aparentes existencias y al mismo tiempo es el punto de origen por el cual, al menor estímulo, se presenta una doble apariencia, una apariencia que sólo se manifiesta para desvanecerse. Las condiciones en las que se provocan estas manifestaciones son infinitamente variadas según la naturaleza de cada cuerpo [3].

Si tomamos esta cita literalmente, es muy difícil ver qué posible conjunto de circunstancias físicas podría servir para falsarla. Es infalsable justamente porque es así de vaga e indefinida (al menos tomada fuera de su contexto). Los

J. W. Goethe, Theory of colours, trad. de C. L. Eastlake, Cambridge, (Mass), M. I. T. Press, 1970, p. 295. Véase también el comentario de Popper sobre la teoría de la electricidad de Hegel en Conjectures and refutations, p. 332.

políticos y los adivinos pueden evitar que se les acuse de cometer errores haciendo que sus afirmaciones sean tan vagas que siempre pueden resultar compatibles con todo lo que pueda acontecer. La exigencia de un alto grado de falsabilidad elimina tales maniobras. El falsacionista exige que se puedan establecer las teorías con suficiente, claridad como para correr el riesgo de ser falsadas.

Con respecto a la precisión existe una situación similar. Cuanto más precisamente se formula una teoría, se hace más falsable. Si aceptamos que cuanto más falsable es una teoría tanto mejor es (siempre que no haya sido falsada), entonces también debemos aceptar que cuanto más precisas sean las afirmaciones de una teoría, mejor será ésta. «Los planetas se mueven en elipses alrededor del sola es más precisa que «Los planetas se mueven en rizos cerrados alre dedor del sol y, en consecuencia, es más falsable. Una órbita oval falsaría la primera afirmación pero no la segunda, mientras que cualquier órbita que false la segunda falsará también la primera. El falsacionista está decidido a preferir la primera. De modo similar, el falsacionista debe preferir la afirmación de que la velocidad de la luz en el vacío es de 299,8/10° metros por segundo a la afirmación menos precisa de que es de unos 300/10° metros por segundo, justamente porque la primera es más falsable que la segunda.

Las exigencias de precisión y claridad de expresión, que van íntimamente ligadas, se siguen naturalmente de la concepción de la ciencia que tiene el falsacionista.

IV. FALSACIONISMO Y PROGRESO

El progreso de la ciència tal y como lo ve el falsacionista se podría resumir de la siguiente manera. La ciencia comienza con problemas, problemas que van asociados con la explicación del comportamiento de algunos aspectos del mundo o universo. Los científicos proponen hipótesis falsables como soluciones al problema. Las hipótesis conjeturadas son entonces criticadas y comprobadas. Algunas serán eliminadas rápidamente. Otras pueden tener más éxito. Estas deben someterse a críticas y pruebas más rigurosas. Cuando finalmente se falsa una hipótesis que ha superado con éxito una gran variedad de pruebas rigurosas, surge un nuevo problema, afortunadamente muy alejado del problema original resuelto. Este nuevo problema exige la invención de

nuevas hipótesis, seguidas de nuevas críticas y pruebas. Y así el proceso continúa indefinidamente. Nunca se puede decir de una teoría que es verdadera, por muy bien que haya superado pruebas rigurosas, pero afortunadamente se puede decir que una teoría actual es superior a sus predecesoras en el sentido de que es capaz de superar pruebas que falsaron a sus predecesoras.

Antes de que examinemos algunos ejemplos que ilustren esta concepción falsacionista del progreso científico, habría que decir algo acerca de la afirmación de que «el punto de partida de la ciencia son los problemas». He aquí algunos problemas con los que se han enfrentado los científicos en el pasado. ¿Cómo son capaces los murciélagos de volar tan hábilmente por la noche a pesar de que sus ojos son muy pequeños y débiles? ¿Por qué la elevación de un barómetro sencillo es inferior en las grandes altitudes que en las bajas? ¿Por qué se ennegrecían continuamente las placas fotográficas del laboratorio de Roentgen? ¿Por qué se adelanta el perihelio de Mercurio? Estos problemas surgen a partir de observaciones más o menos sencillas. Así pues, al insistir en el hecho de que el punto de partida de la ciencia son los problemas, no sucede acaso que para el falsacionista, al igual que sucedía con el inductivista ingenuo, la ciencia comienza con la observación? La respuesta a esta pregunta es un rotundo «no». Las observaciones citadas anteriores como problemas sólo son problemáticas a la luz de alguna teoría. La primera es problemática à la luz de la teoría de que los organismos vivos «ven» con los ojos; la segunda era problemática para los partidarios de las teorías de Galileo, porque estaba en pugna con la teoria de la «fuerza del vacío, que éstos aceptaban como explicación de por qué el mercurio no cae en el tubo de un barómetro; la tercera era problemática para Roentgen porque en esa época se suponía tácitamente que no existía ningún tipo de emanación o radiación que pudiera penetrar en el recipiente de las placas fotográficas y oscurecerlas; la cuarta era problemática porque era incompatible con la teoría de Newton. La afirmación de que el origen de la ciencia está en los problemas es perfectamente compatible con la prioridad de las teorías sobre la observación y los enunciados observacionales. La ciencia no comienza con la pura observación.

Después de esta digresión, volvamos a la concepción falsacionista del progreso de la ciencia como progreso desde los problemas a las hipótesis especulativas, a su crítica y a su falsación final y, por consiguiente, a nuevos problemas. Ofreceremos dos ejemplos, el primero de los cuales es muy sencillo y trata del vuelo de los murciélagos y el segundo de los cuales es más ambicioso y trata del progreso de la física.

Comenzamos con un problema. Los murcielagos son capaces de volar con facilidad y a gran velocidad, evitando las ramas de los árboles, los cables telegráficos, otros murciélagos, etc., y pueden atrapar insectos. Y, no obstante, los murciélagos tienen ojos débiles y de todos modos vuelan casi siempre de noche. Este hecho plantea un problema porque, en apariencia, falsa la plausible teoría de que los animales, al igual que los seres humanos, ven con los ojos. Un falsacionista intentará resolver este problema formulando una conjetura o hipótesis. Quizás sugiera que, aunque los ojos de los murciélagos aparentan ser débiles, sin embargo, de alguna manera que no se conoce, pueden ver de manera eficaz por la noche utilizando sus ojos. Se puede comprobar esta hipótesis. Se suelta un grupo de murciélagos en una habitación a oscuras que contenga obstáculos y se mide de alguna manera su habilidad para evitar los obstáculos. Luego se suelta en la habitación a los mismos murciélagos, pero con los ojos vendados. Antes del experimento, el experimentador puede hacer la siguiente deducción. Una premisa de la deducción es su hipótesis que dice de modo muy explícito: Los murciélagos pueden volar y evitar los obstáculos utilizando sus ojos, y no lo pueden hacer sin usar los ojos». La segunda premisa es una descripción de la prueba experimental, incluyendo el enunciado «Este grupo de murciélagos tiene los ojos vendados, de manera que no usan sus ojos». A partir de estas dos premisas, el experimentador puede derivar deductivamente que el grupo de murciélagos no será capaz de evitar los obstáculos de modo eficaz en la prueba de laboratorio. Luego se efectúa el experimento y se descubre que los murciélagos evitan los choques de manera tan eficaz como antes. La hipótesis ha sido falsada. Ahora. hay necesidad de utilizar de nuevo la imaginación, de formular una nueva conjetura, hipótesis o suposición. Tal vez un científico sugiera que los oídos de los murciélagos tienen que ver de algún modo con

su capacidad para evitar los obstáculos. Se puede comprobar la hipótesis en un intento de falsarla tapando los oídos de los murciélagos antes de soltarlos en el laboratorio de la prueba. Esta vez se descubre que la habilidad de los murciélagos para evitar los obstáculos se ve disminuida considerablemente. La hipótesis ha sido confirmada. Entoncés el falsacionista debe tratar de precisar su hipótesis de manera que se pueda falsar fácilmente. Se sugiere que el murciélago escucha el eco de sus propios chillidos que rebotan en los objetos sólidos. Se comprueba esta hipótesis amordazando a los murciélagos antes de soltarlos. De nuevo los murciélagos chocan con los obstáculos, lo cual confirma de nuevo la hipótesis. Parece que ahora el falsacionista está llegando a una solución provisional de su problema, aunque no considera que haya probado mediante el experimento cómo evitan chocar los murciélagos mientras vuelan. Pueden surgir una serie de factores que muestren que estaba equivocado. Quizás los murciélagos no detecten los obstáculos con los oídos sino con zonas sensitivas cercanas a los oídos, cuyo funcionamiento disminuye cuando se tapan los oídos de los murciélagos. O quizás los diferentes tipos de murciélagos detecten los obstáculos de diferentes maneras, de manera que los murciélagos usados en el experimento no sean auténticamente representativos.

El progreso de la física desde Aristóteles hasta Einstein pasando por Newton proporciona un ejemplo a mayor escala. La concepción falsacionista de ese progreso es más o menos la siguiente. La física aristotélica tenía éxito en cierta medida. Podía explicar gran variedad de fenómenos. Podía explicar por qué los objetos pesados caen al suelo (porque buscan su lugar natural en el centro del universo), podía explicar la acción de los sifones y bombas de extracción (la explicación se basaba en la imposibilidad del vacío), etc. Pero finalmente la física aristotélica fue falsada de diversas maneras. Las piedras arrojadas desde lo alto de un mástil de, un barco que se movía uniformemente caian en la cubierta al pie del mástil y no a distancia de él, como predecía la teoría de Aristóteles. Las lunas de Júpiter giraban alrededor de Júpiter, pero no alrededor, de la Tierra. Durante el siglo XVII se acumularon montones de falsaciones. Sin embargo, una vez que hubo sido creada'y desarrollada la física newtoniana mediante las conjeturas de Galileo y Newton, fue una teoría superior que la de Aristóteles. La teoría de Newton podía explicar la caída de los objetos y el funcionamiento de los sifones y bombas de extracción y podía también explicar los fenómenos que resultaban problemáticos para los aristotélicos. Además, la teoría de Newton podía explicar fenómenos a los que la teoría de Aristóteles no aludía, tales como las correlaciones entre las mareas y la posición de la Luna, y la variación en la fuerza de la gravedad con la altura por encima del nivel del mar. Durante dos siglos, la teoría de Newton se vio coronada por el éxito. Esto es, no tuvieron éxito los intentos de falsarla mediante los nuevos fenómenos predichos con su ayuda. La teoría condujo incluso al descubrimiento de un nuevo planeta, Neptuno. Pero, a pesar de su éxito, finalmente triunfaron los continuos esfuerzos por falsarla. La teoría de Newton fue falsada de diversas maneras. No fue capaz de explicar los detalles de la órbita del planeta Mercurio ni la masa variable de los electrones de rápido movimiento en un tubo de descarga. Así pues, los físicos se enfrentaron con problemas estimulantes, a medida que el siglo XIX daba paso al xx, problemas que exigían nuevas hipótesis destinadas a solucionar esos problemas de un modo progresivo. Einstein fue capaz de responder al reto. Su teoría de la relatividad fue capaz de explicar los fenó menos que falsaron la teoría de Newton, al tiempo que era capaz de competir con la teoría newtoniana en las áreas en las que ésta había triunfado. Además, la teoría de Einstein llevó a la predicción de nuevos fenómenos espectaculares. Su teoría de la relatividad especial predijo que la masa sería una función de la velocidad, y que la masa y la energía se podrían transformar la una en la otra, y su teoría general predijo que los rayos de luz podrían ser desviados por fuertes campos gravitatorios. Los intentos de refutar la teoría einsteiniana mediante los nuevos fenómenos fracasaron. La falsación de la teoría de Einstein sigue siendo un desafío para los físicos modernos. Su éxito, si se produjera finalmente, marcaría un nuevo paso adelante en el progreso de la física.

Esto dice la típica concepción falsacionista del progreso de la física. Más adelante pondremos en duda su precisión y validez. Resulta evidente a partir de lo dicho que el concepto de progreso, de desarrollo científico, es fundamental en la concepción falsacionista de la ciencia. En el próximo capítulo trataremos este problema de modo

más detallado.

LECTURAS COMPLEMENTARIAS

El texto falsacionista clásico es The logic of scientific discovery de Popper (Londres, Hutchinson, 1968). Las opiniones de Popper sobre la filosofía de la ciencia se encuentran detalladas en dos recopilaciones de artículos: Objective knowledge (Oxford, Oxford University Press, 1972) y Conjectures and refutations (Londres, Routledge and Kegan Paul, 1969). Induction and intuition in scientific thought, de P. Medawar, es un ensayo falsacionista de carácter popular (Londres, Methuen, 1969). En las lecturas que se recomiendan en el capítulo 5 se incluyen obras más detalladas sobre el falsacionismo.

5. EL FALSACIONISMO SOFISTICADO, LAS NUEVAS PREDICCIONES Y EL DESARROLLO DE LA CIENCIA

I. GRADOS DE FALSABILIDAD RELATIVOS EN VEZ DE ABSOLUTOS

En el capítulo anterior se mencionaron algunas condiciones que debe cumplir una hipótesis para que sea digna de consideración científica. Una hipótesis debe ser falsable, cuanto más falsable mejor, y, no obstante, no debe ser falsada. Los falsacionistas más sofisticados se dan cuenta de que estas condiciones por sí solas son insuficientes. Una condición adicional va unida a la necesidad que tiene la ciencia de progresar. Cualquier hipótesis debe ser más falsable que aquélla en cuyo lugar se ofrece. La concepción falsacionista sofisticada de la ciencia, con su hincapié en el desarrollo científico, traslada el centro de atención de los méritos de una sola teoría a los méritos relativos de teorías enfrentadas. Proporciona una imagen dinámica de la ciencia en lugar de la concepción estática de los falsacionistas más ingenuos. En vez de preguntarse de una teoría: ¿Es falsable?», «¿En qué medida es falsable?» y ¿Ha sido falsada?» resulta más apropiado preguntar: «La teoría recién propuesta, es un sustituto viable de aquélla a la que desaffa? En general, una teoría recién propuesta será considerada como digna de atención por parte de los científicos si es más falsable que su rival y en especial si predice un nuevo tipo de fenómeno que su rival no mencionaba. El hincapié en la comparación de los grados de falsabilidad de series de teorías, que es consecuencia del hincapié en la ciencia como un conjunto en evolución y desarrollo de conocimientos permite evitar un problema técnico, ya que es muy difícil especificar hasta qué punto es falsable una teoría. No se puede definir la medición absoluta de la falsabilidad simplemente porque el número de falsadores potenciales de una teoría siempre será infinito. Es difícil encontrar una respuesta a la pregunta: «¿Hasta que punto es falsable la ley de la gravitación de Newton?» Por otro lado, a menudo es posible comparar los grados de falsabilidad de las leyes o teorías. Por ejemplo, la afirmación: <Dos cuerpos cualesquiera se atraen mutuamente con una fuerza inversamente proporcional al cuadrado de su distancia» es más falsable que la afirmación «Los planetas del sistema solar se atraen mutuamente con una fuerza inversamente proporcional al cuadrado de su distancia». La primera afirmación implica la segunda. Todo lo que false la segunda falsará la primera, pero no a la inversa. Idealmente, al falsacionista le gustaría poder decir que la serie de. teorías que constituyen la evolución histórica de la ciencia está hecha de teorías falsables, siendo cada una en la serie más falsable que su predecesora.

II. EL AUMENTO DE LA FALSABILIDAD Y LAS MODIFICACIONES «AD HOC»

La exigencia de que, según progresa la ciencia, sus teorías sean cada vez más falsables y en consecuencia tengan cada vez más contenido y sean cada vez más informativas excluye que se efectúen modificaciones en unas teorias destinadas simplemente a proteger una teoría de una falsación amenazadora. Una modificación en una teoría, tal como la adición de un postulado más o un cambio en algún postulado existente, que no tenga consecuencias comprobables que no fueran ya consecuencias comprobables de la teoría sin modificar, será denominada modificación ad hoc. El resto de esta sección se ocupará de mostrar ejemplos destinados a aclarar la noción de modificación ad hoc. En

primer lugar consideraré algunas modificaciones ad hoc que el falsacionista rechazaría y después éstas serán contrastadas con algunas modificaciones que no son ad hoc y. que, en consecuencia, el falsacionista aceptaría.

Comenzaré con un ejemplo bastante trivial. Consideremos la generalización «El pan alimenta». Esta teoría de bajo nivel, si se explica más detalladamente, equivale a la afirmación de que, si el trigo crece de manera normal, se convierte en pan de manera normal y es comido por los seres humanos de manera normal, entonces esos seres humanos se alimentarán. Esta teoría aparentemente inofensiva planteó un problema en un pueblo francés en una ocasión en la que el trigo creció de manera normal, se convirtió en pan de manera normal y, no obstante, la mayoría de las personas que comieron ese pan cayeron gravemente enfermas y muchas murieron. La teoría (Todo) el pan alimenta» se vio falsada. Se puede modificar la teoría para evitar su falsación adaptándola de modo que diga: «(Todo) el pan, con excepción de la hornada de pan producida en la aldea francesa en cuestión, alimenta». Esta es una modificación ad hoc. La teoría modificada no puede ser comprobada de manera que no lo sea también la teoría original. El consumo de pan por cualquier ser humano constituye una comprobación de la teoría original, mientras que las comprobaciones de la teoría modificada se limitan al consumo de pan distinto de esa hornada de pan que produjo resultados tan desastrosos en Francia. La hipótesis modificada es menos falsable que la versión original. El falsacionista rechaza esas acciones de retaguardia.

El siguiente ejemplo es menos truculento y más entretenido. Es un ejemplo que se basa en un intercambio que tuvo lugar realmente a principios del siglo XVII entre Galileo y un adversario aristotélico. Después de haber observado la luna cuidadosamente a través de su recién inventado telescopio, Galileo pudo informar que la luna no era una esfera lisa sino que su superficie estaba llena de montañas y cráteres. Su adversario aristotélico tenía que admitir que las cosas parecían ser de ese modo cuando por sí mismo repitió las observaciones. Pero las observaciones amenazaban a una noción fundamental para muchos aristotélicos, a saber, que todos los cuerpos celestes son esferas perfectas. El rival de Galileo defendió su teoría frente a la aparente falsación de una manera evidentemente ad hoc. Sugirió que había una sustancia invisible en la luna que llenaba los cráteres y cubría las montañas de tal manera que la forma de la luna era perfectamente esférica. Cuando Galileo preguntó cómo se podría detectar la presencia de la sustancia invisible, la réplica fue que no había manera de poderla detectar. Así pues, no hay duda de que la teoría modificada no produjo nuevas consecuencias comprobables y de que, para un falsacionista, sería completamente inaceptable. Galileo, exasperado, fue capaz de mostrar la inexactitud de la postura de su rival de una manera característicamente ingeniosa. Anunció que estaba dispuesto a admitir la existencia de la sustancia invisible indetectable en la luna, pero insistió en que dicha sustancia no estaba distribuida tal y como sugería su rival, sino que en realidad estaba apilada encima de las montañas de modo que eran varias veces más altas de lo que parecían a través del telescopio. Galileo fue capaz de superar a su rival en el inútil juego de la invención de instrumentos ad hoc para proteger las teorías.

A continuación mencionaremos otro ejemplo de una hipótesis posiblemente ad hoc, procedente de la historia de la ciencia. Antes de Lavoisier, la teoría del flogisto era la teoría clásica de la combustión. Según esa teoría, cuando se quemaban las sustancias, se desprendía de ellas el flogisto. Esta teoría se vio amenazada. cuando se descubrió que muchas sustancias aumentaban de peso con la combustión. Una manera de salvar la aparente falsación consistió en sugerir que el flogisto tenía peso negativo. Si esta hipótesis se podía comprobar solamente pesando las sustancias antes y después de la combustión, entonces era ad hoc. No condujo a nuevas comprobaciones.

Las modificaciones efectuadas en una teoría en un intento de salvar una dificultad no necesitan ser ad hoc. A continuación presentamos algunos ejemplos de modificaciones que no son ad hoc y que, en consecuencia, son aceptables desde un punto de vista falsacionista.

Volvamos a la falsación de la afirmación «El pan alimenta» para ver cómo se podría modificar de una manera aceptable. Un paso aceptable sería reemplazar la teoría original falsada por la afirmación «Todo el pan alimenta excepto el hecho de trigo

contaminado por un determinado tipo de hongo» (seguido de una especificación del hongo y de algunas de sus características). Esta teoría modificada no es ad hoc porque lleva a nuevas comprobaciones. Es contrastable de forma independiente, por usar la expresión de Popper [1]. Las posibles comprobaciones incluirían comprobar de qué trigo estaba hecho el pan contaminado para detectar la presencia del hongo, cultivar el hongo en un trigo especialmente preparado y comprobar el efecto alimenticio del pan producido con él, analizar químicamente el hongo para determinar la presencia de venenos conocidos, etc. Todas estas pruebas, muchas de las cuales no constituyen pruebas de la hipótesis original, podrían dar como resultado la falsación de la hipótesis modificada. Si la hipótesis modificada, más falsable, supera la falsación frente a las nuevas pruebas, entonces se habrá aprendido algo nuevo y se habrá progresado.

Volvamos ahora a la historia de la ciencia en busca de un ejemplo menos artificial y consideremos la serie de acontecimientos que condujeron al descubrimiento del planeta Neptuno. Las observaciones realizadas en el siglo XIX del movimiento del planeta Urano indicaban que su órbita difería considerablemente de la predicha según la teoría gravitatoria de Newton, planteando pues un problema a dicha teoría. Leverrier en Francia y Adams en Inglaterra sugirieron, en un intento por salvar la dificultad, que existía un planeta hasta entonces no detectado cerca de Urano. La atracción entre el supuesto planeta y Urano habría de explicar el alejamiento de este último con respecto a la órbita inicialmente predicha. Esta sugerencia no era ad hoc, como iban a mostrar los acontecimientos. Era posible estimar la distancia aproximada del supuesto planeta, si tenía un tamaño razonable y era responsable de la perturbación de la órbita de Urano. Una vez hecho eso, fue posible comprobar la nueva propuesta inspeccionando la región correspondiente del cielo mediante el telescopio. De este modo fue como Galle vio por primera vez el planeta que ahora se conoce como Neptuno. Lejos de ser ad hoc, la acción para salvar la teoría de Newton de la falsación por medio de la órbita de Urano condujo a un nuevo tipo de comprobación de esa teoría, que pudo superar de manera espectacular y progresiva.

[1] Véase, por ejemplo, The aim of science, de Karl Popper, en su Objective knowledge (Oxford, Oxford University Press, 1972), páginas 191-205, en especial p. 193.

III. LA CONFIRMACION EN LA CONCEPCION FALSACIONISTA DE LA CIENCIA

Cuando en el capítulo anterior se introdujo el falsacionismo como alternativa al inductivismo, se dijo que las falsaciones, esto es, los fracasos de las teorías ante las pruebas experimentales y observacionales, tenían una importancia fundamental. Se aducía que la situación lógica permite el establecimiento de la falsedad pero no de la verdad de las teorías a la luz de los enunciados observacionales disponibles. También se sostenía que la ciencia progresaría proponiendo conjeturas osadas, sumamente falsables, como intentos de resolver los problemas, seguidas de implacables intentos por falsar las nuevas propuestas. Junto con esto, se sugería que los avances importantes en la ciencia llegaban cuando se falsaban estas audaces conjeturas. Esto es lo que dice el reconocido falsacionista Popper en el trozo citado en la página 66, en el que las cursivas son suyas. Sin embargo, prestar una atención exclusiva a los casos de falsación equivale a representar de manera equivocada la postura del falsacionista sofisticado. El ejemplo con el que concluíamos la sección anterior contiene más de una indicación al respecto. El intento independientemente comprobable de salvar la teoría de Newton mediante una hipótesis especulativa tuvo éxito porque el descubrimiento de Neptuno confirmó la hipótesis, y no porque ésta fuera falsada.

Es un error considerar que la falsación de conjeturas audaces, sumamente falsables, es la ocasión para que avance la ciencia de modo significativo [2]. Este hecho queda claro

cuando consideramos las diversas posibilidades extremas. En un extremo tenemos unas teorías que toman la forma de conjeturas audaces y aventuradas, mientras que en el otro tenemos unas teorías que son conjeturas prudentes, que hacen afirmaciones que no parecen implicar riesgos significativos. Si cualquiera de los dos tipos de conjetura fracasa en una prueba experimental u observacional, resultará falsada, mientras que si pasa tal prueba diremos que está confirmada [3]. Los adelantos importantes vendrán marcados por la confirmación de las conjeturas audaces o por la falsación de las conjeturas prudentes. Los casos del primer tipo serán informativos y constituirán una importante aportación al conocimiento científico, simplemente porque señalan el descubrimiento de algo hasta entonces inaudito o considerado improbable. El descubrimiento de Neptuno y de las ondas de radio, y la confirmación por Eddington de la aventurada predicción de Einstein de que los rayos de luz se curvarían en los campos gravitatorios fuertes, constituyeron adelantos significativos en la ciencia. Las predicciones arriesgadas fueron confirmadas. Las falsaciones de conjeturas prudentes son informativas porque establecen que lo que se considera sin más problemas verdadero es en realidad falso. La demostración que hiciera Russell de que la teoría ingenua de conjuntos, que se basaba en lo que parecían ser proposiciones casi evidentes, es incoherente proporciona un ejemplo de falsación informativa de una conjetura en apariencia libre de riesgo. En contraposición, de la falsación de una conjetura audaz o de la confirmación de una conjetura prudente se aprende poco. Si se falsa una conjetura audaz, entonces todo lo que se aprende es que otra idea loca ha resultado errónea. La falsación de la especulación kepleriana de que la distribución espacial de las órbitas planetarias se podía explicar por referencia a los cinco sólidos regulares de Platón no señaló un hito en el progreso de la física. De modo semejante, las confirmaciones de las hipótesis prudentes no son informativas. Esas confirmaciones indican meramente que se ha aplicado una vez más con éxito una teoría que estaba bien establecida y no se consideraba problemática. Por ejemplo, la confirmación de la conjetura de que las muestras de hierro extraídas de su mena mediante algún nuevo proceso se dilatarán al ser calentadas, al igual que cualquier otro hierro, tendría poca importancia.

[2] Para un análisis detallado de esta cuestión, véase «On learning from our mistakes», de A. F. Chalmers, British Journal for the Philosophy of Science, 24, 1973, pp. 164-73.

[3] No hay que confundir este uso de «confirmado» con otro uso, según el cual decir de una teoria que está confirmada es afirmar que ha sido probada o establecida como verdadera.

El falsacionista desea rechazar las hipótesis ad hoc y estimular la propuesta de hipótesis audaces como mejoras potenciales de las teorías falsadas. Estas hipótesis audaces conducirán a predicciones nuevas y comprobables, que no se siguen de la teoría original falsada. Sin embargo, aunque el hecho de que ello conduzca a la posibilidad de nuevas pruebas haga digna de investigación a una hipótesis, no figurará como una mejora de la teoría problemática para cuya sustitución ha sido ideada hasta que haya superado al menos algunas de esas pruebas. Esto equivale a decir que antes de que se pueda considerar que es un sustituto adecuado de una teoría falsada, una teoría recién y audazmente propuesta debe efectuar algunas nuevas predicciones que queden confirmadas. Muchas especulaciones descabelladas e imprudentes no superarán las pruebas posteriores y, en consecuencia, no se las estimará como contribuciones al desarrollo del conocimiento científico. La ocasional especulación descabellada e imprudente que conduzca a una nueva e improbable predicción, que no obstante queda confirmada por la observación o la experimentación, quedará por ello establecida como un momento culminante en la historia del desarrollo científico. Las confirmaciones de nuevas predicciones resultantes de conjeturas audaces son muy importantes en la concepción falsacionista del desarrollo científico.

IV. AUDACIA, NOVEDAD Y CONOCIMIENTO BASICO

Es necesario decir algo más acerca de los adjetivos «audaz» y «nuevo» tal y como se aplican a las hipótesis y a las predicciones respectivamente! Ambas son nociones históricamente relativas. Lo que se clasifica como conjetura audaz en una etapa de la historia de la ciencia no tiene por qué ser audaz en otra etapa posterior. Cuando Maxwell propuso su «teoría dinámica del campo electromagnético» en 1864, era una conjetura audaz. Era audaz porque estaba en conflicto con las teorias generalmente aceptadas en la época, teorías que incluían el supuesto de que los sistemas electromagnéticos (imanes, cuerpos cargados, conductores portadores de corriente, etc.) actúan unos sobre otros de modo simultáneo a través del espacio vacío y que los efectos electromagnéticos se pueden propagar a velocidad finita solamente a través de sustancias materiales. La teoría de Maxwell chocaba con estos supuestos generalmente aceptados porque predecia que la luz es un fenómeno electromagnético y también predecía, como después se advertiría, que las corrientes fluctuantes deben emitir un nuevo tipo de radiación, las ondas de radio, que viajan a velocidad finita a través del espacio vacío. Por ello en 1864 la teoría de Maxwell era audaz y la posterior predicción de las ondas de radio era una predicción nueva. Hoy en día, el hecho de que la teoría de Maxwell pueda dar una explicación precisa del comportamiento de una amplia gama de sistemas electromagnéticos es una parte generalmente aceptada del conocimiento científico y no se considerarán predicciones nuevas las afirmaciones nceren de la existencia y propiedades de las ondas de radio.

Si llamamos al complejo de las teorías científicas generalmente aceptadas y bien establecidas en alguna etapa de la historia de la ciencia conocimiento básico de esa época, entonces podemos decir que una conjetura será audaz si sus afirmaciones son improbables a la luz del conocimiento básico de la época. La teoría general de la relatividad de Einstein era audaz en 1915 porque en esa época el conocimiento básico incluía el supuesto de que la luz se propaga en línea recta. Dicho supuesto chocaba con una consecuencia de la teoría general de la relatividad, a saber, que los rayos de luz se debían curvar en campos gravitatorios-fuertes. La astronomía de Copérnico era audaz en 1543 porque chocaba con el supuesto básico de que la tierra está inmóvil en el centro del universo. Hoy en día no se la consideraría audaz.

Así como las conjeturas se consideran audaces o no por referencia al conocimiento básico relevante, así también se juzgará que las predicciones son nuevas si conllevan algún fenómeno que no figure en el conocimiento básico de la época o que quizás esté explícitamente excluido por él. La predicción de Neptuno en 1846 era nueva porque el conocimiento básico de esa época no contenía ninguna referencia a ese planeta. La predicción que dedujo Poisson de la teoría ondulatoria de la luz de Fresnel en 1818, a saber, que se debía observar una mancha brillante en el centro de una cara de un disco opaco convenientemente iluminado desde la otra, era nueva porque la teoría corpuscular de la luz, que la existencia de esa mancha brillante.

En la sección anterior se mantenía que las principales contribuciones al desarrollo del conocimiento científico suceden cuando se confirma una conjetura audaz o cuando se falsa una conjetura prudente. La idea del conocimiento básico nos permite ver que estas. dos posibilidades se darán juntas como resultado de un solo experimento. El conocimiento básico consta de hipótesis prudentes precisamente porque ese conocimiento está bien establecido y no se considera problemático. La confirmación de una conjetura audaz supondrá la falsación de alguna parte del conocimiento básico con respecto al cual era audaz la conjetura.

V. COMPARACION DE LAS CONCEPCIONES INDUCTIVISTA Y FALSACIONISTA DE LA CONFIRMACION

Hemos visto que la confirmación tiene un importante papel que desempeñar en la ciencia, tal y como la interpreta el falsacionista sofisticado. Sin embargo, eso no quiere decir que esté mal puesto el calificativo de falsacionismo» a su postura. El falsacionista sofisticado sigue manteniendo que las teorías se pueden falsar y rechazar, aunque niegue que se puedan establecer como verdaderas o probablemente vérdaderas. El propósito de la ciencia es falsar las teorías y reemplazarlas por teorías mejores, teorías que demuestren una mayor capacidad para resistir las pruebas. Las confirmaciones de las nuevas teorías son importantes en la medida en que constituyen la demostración de que una nueva teoría es una mejora de la teoría a la que reemplaza, la teoría que es falsada por la evidencia descubierta con ayudade la nueva teoría y que la confirma. Una vez que la audaz teoría recién propuesta logra desbancar a su rival, se convierte a su vez en un nuevo blanco al que se dirigirán las pruebas rigurosas, ideadas con la ayuda de otras teorías audazmente conjeturadas.

Debido al hincapié que hacen los falsacionistas en el desarrollo de la ciencia, su concepción de la confirmación es significativamente distinta a la de los inductivistas. La importancia de algunos casos confirmadores de una teoría, según la postura inductivista descrita en el capítulo 1, está determinada exclusivamente por la relación lógica existente entre los enunciados observacionales que son confirmados y la teoría que éstos apoyan. El grado de apoyo que dieron a la teoría newtoniana las observaciones de Neptuno realizadas por Galle no es diferente del grado de apoyo dado por una moderna observación de Neptuno. El contexto histórico en el que se obtiene la evidencia no tiene importancia. Los casos confirmadores lo son si proporcionan apoyo inductivo a una teoría, y cuanto mayor sea el número de casos confirmadores establecidos, mayor será el apoyo a la teoría y más probable será que sea verdadera. Esta teoría ahistórica de la confirmación parece tener la consecuencia negativa de que innumerables observaciones realizadas de piedras que caen, posiciones planetarias, etc., constituyen una actividad científica valiosa en la medida en que llevan a aumentar la estimación de la probabilidad de la verdad de la ley de la gravitación.

En contraposición, en la concepción falsacionista la importancia de las confirmaciones depende muchísimo de su contexto histórico. Una confirmación conferirá un alto grado de valor a una teoría si esa confirmación fue el resultado de la comprobación de una predicción nueva. Esto es, una confirmación será importante si se estima que es improbable que suceda a la luz del conocimiento básico de la época. Las confirmaciones que son conclusiones conocidas de antemano son insignificantes. Si hoy en día confirmo la teoría de Newton tirando una piedra al suelo, no contribuyo con nada de valor a la ciencia. Por el contrario, si mañana confirmo una teoría especulativa que implica que la atracción gravitatoria entre dos cuerpos depende de sus temperaturas, falsando en el proceso la teoría de Newton, habré realizado una aportación importante al conocimiento científico. La teoría de Newton de la gravitación y algunas de sus limitaciones forman parte del conocimiento básico actual, mientras que no sucede así con la dependencia de la atracción gravitatoria de la temperatura. He aquí un ejemplo adicional en apoyo de la perspectiva histórica que los falsacionistas introducen en la confirmación, Hertz confirmó la teoría de Maxwell cuando detectó las primeras ondas de radio. Yo también confirmo la teoría de Maxwell siempre que escucho la radio. La situación lógica es similar en los dos casos. En cada uno, la teoría predice que se deben detectar ondas de radio y, en cada uno, el éxito de su detección presta un apoyo inductivo a la teoría. No obstante, Hertz es justamente famoso por la confirmación que consiguió, mientras que mis frecuentes confirmaciones son justamente ignoradas en un contexto científico. Hertz dio un importante paso adelante. Cuando escucho la radio sólo paso el tiempo. El contexto histórico es el que establece la diferencia.

LECTURAS COMPLEMENTARIAS

Ya nos hemos referido a los escritos de Popper como lectura pertinente para el

falsacionismo. Especialmente pertinentes para el análisis del desarrollo de la ciencia son *Conjectures and refutations* (Londres, Routledge and Kegan Paul, 1969), capítulo 10, y *Objective knowledge* (Oxford, Oxford University Press, 1972), capítulos 5 y 7. Feyerabend ha contribuido al programa falsacionista más sofisticado. Véase, por ejemplo, su artículo «Explanation; reduction and empiricism» en *Scientific explanation, space and time, Minnesota studies in the philosophy of science*, vol. 3, compilado por H. Feigl y G. Maxwell (Minneapolis, University of Minnesota Press, 1962), pp. 27-97 y «Problems of empiricism» en *Beyond the edge of certainty*, compilado por R. Colodny (Nueva York, Prentice Hall, 1965), pp. 45-260. I. Lakatos analiza diversas etapas del desarrollo del programa falsacionista y su relación con el programa inductivista en «Falsification and the methodology of scientific research programmes» en *Criticism and the growth of knowledge*, compilado por I. Lakatos y A. Musgrave (Cambridge, Cambridge University Press, 1974), pp. 91-196, y aplica el concepto falsacionista de desarrollo a las matemáticas en «Proofs and refutations», *British Journal for the Philosophy of Science*, 14, 1963-64, pp. 1-25, 120-39, 221-342. Los siguientes artículos y libros contienen interesantes análisis del desarrollo de la ciencia: «Theory change in science», de Noretta Koertge, en *Conceptual change*, compilado por G. Pearce y P. Maynard (Dordrecht, Reidel Pub. Co., 1973), pp. 167-98; *Between science and metaphysics*, de S. Amsterdamski (Dordrecht, Reidel Pub. Co., 1975); y «Correspondence, invariance and heuristics», de H. R. Post, en *Studies in History and Philosophy of Science*, 2, 1971, pp. 213-55.